

388-31

SUA

W 21



4 Bhp 12 Bc

**KELAYAKAN PEMASANGAN  
LAMPU LALU LINTAS TERKOORDINASI  
DI KOTA TEGAL**

**TESIS**

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil**

Oleh :

**NUGROHO SUADI  
NIM : L4A 099032**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2004**

**KELAYAKAN PEMASANGAN  
LAMPU LALU LINTAS TERKOORDINASI  
DI KOTA TEGAL**

Disusun Oleh :

**NUGROHO SUADI**  
**L4A099032**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Pada Tanggal :  
14 Oktober 2004

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

Pembimbing I

(Ir. Das'at Widodo, MS)

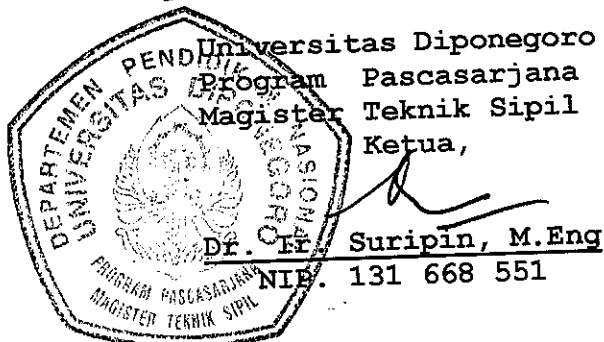
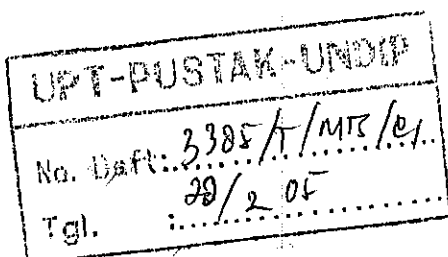
Pembimbing II

(Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA)

Tim Penguji :

- |                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| 1. Ir. Das'at Widodo, MS        | ( Ketua )      |
| 2. Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA | ( Sekretaris ) |
| 3. Ir. YI. Wicaksono, MS        | ( Anggota 1 )  |
| 4. Ir. Ismiyati, MS             | ( Anggota 2 )  |
| 5. Ir. Joko Siswanto, MSP       | ( Anggota 3 )  |

Semarang, Oktober 2004



## ABSTRAKSI

Kemacetan dan kecelakaan lalu lintas sering terjadi pada beberapa persimpangan didaerah perkotaan. Hal ini akan meningkatkan biaya operasi kendaraan. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan yang efisien dan optimal, koordinasi lampu lalu lintas antar persimpangan merupakan salah satu alternatif yang perlu dilakukan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas didaerah perkotaan.

Tesis ini meneliti manfaat penerapan sistem sinyal terkoordinasi di persimpangan terhadap biaya operasional pengguna jalan dan kelayakan investasi yang akan ditanamkan berkaitan dengan manfaat yang akan diperoleh. Lokasi penelitian ada di ruas jalan utama kota Tegal dengan 9 simpang yaitu simpang Maya, Simpang Merpati, Simpang Suzana, Simpang Dr.Sutomo, Simpang Dana, Simpang Pasar Sore, Simpang Gudang Garam, Simpang Laguna dan Simpang Martoloyo. Pengaturan lampu lalu lintas pada jaringan jalan ini masih menggunakan sistim terisolasi. Tinjauan dan analisa dilakukan berdasarkan data yang diperoleh melalui survai inventarisasi jalan dan simpang, waktu perjalanan, pendapatan pengguna jalan, okupansi kendaraan, turning movment dan survai jumlah antrian serta dianalisa dengan menggunakan suatu simulasi model Transyt/9.

Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa dengan adanya penerapan sistem sinyal terkoordinasi pada beberapa persimpangan yang berdekatan, akan memberikan manfaat terhadap biaya operasional pengguna jalan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pengurangan atas biaya operasional pada penerapan lampu lalu lintas terkoordinasi bila dibandingkan dengan penerapan lampu lalu lintas terisolasi. Pada kondisi jam sibuk pagi hari diperoleh efisiensi biaya tundaan sebesar Rp. 1.187.650,-(dari Rp. 4.055.550,-/jam menjadi Rp. 2.867.900,-/jam), efisiensi biaya bahan bakar Rp. 60.987,- ( dari Rp. 663.624,-/jam menjadi Rp. 602.637,-/jam) dan efisiensi biaya kecelakaan sebesar Rp. 28.909,-/jam (dari Rp. 241.429,- menjadi Rp. 212.520,-/jam).

Waktu perjalanan dengan sistem sinyal terkoordinasi dibandingkan dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk pagi akan mengalami penurunan mencapai 12,65%, jam sibuk siang 8,87% dan jam sibuk sore 19,05%. Sedangkan kecepatan perjalanan dengan sistem sinyal terkoordinasi akan mengalami peningkatan pada jam sibuk pagi mencapai 14,65%, jam sibuk siang 8,69% dan jam sibuk sore 11,0%. Secara keseluruhan penerapan sistem sinyal terkoordinasi akan diperoleh manfaat efisiensi total biaya operasional rata-rata sebesar Rp. 964.592,-/jam atau 21,83%. Dari hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa hingga 10 tahun mendatang, total cost adalah Rp. 1.846.143.130,- sedangkan total benefitnya adalah sebesar Rp. 4.767.260.752,- dengan B/C Ratio 2,6, maka investasi yang akan ditanamkan adalah layak (feasible).

## ABSTRACT

Traffic congestion and accident often occurred at several intersection in urban area. It will increase vehicle cost. Consequently, those problems need to be anticipated efficiently and optimally, coordinated traffic light of intersection is one of appropriate alternative solution which needed to solve traffic problems in urban area.

The purpose of this thesis is to investigate the effects of the implementation coordinated signal system on road user operating cost and proper investment which will be invested for the benefit that will be got. The location of this research is in the parts of main road of Tegal city within 9 intersection those are Maya intersection, Merpati intersection, Suzana intersection Dr. Sutomo intersection, Dana intersection, Pasar Sore intersection, Gudang garam intersection, Laguna intersection and Martoloyo intersection. The traffic light on this coridor uses the isolated system. The observation and analysis has been carried out based on the survey method i.e survey of road and intersection inventaritation, travel time, road user income, vehicle occupancy, turning movement and queueing number survey, and also analyzed with model simulation on Transyt/9.

The research output indicates that coordinated signal system application on several intersection closed one to another can give effects on road user operating cost. It is showed by reduction of operating cost in coordinated traffic light application. At normal flow of morning peak hour condition has obtained the efficiency of delay cost Rp. 1.187.650,-/hour (decrease from Rp. 4.055.550,-/hour to Rp. 2.867.900,-/hour), efficiency of fuel cost Rp. 60.987,- (decrease from Rp. 663.624,-/hour to Rp. 602.637,-/hour) and efficiency of accident cost Rp. 28.909,-/hour (decrease from Rp. 241.429,- to Rp. 212.520,-/hour).

The travel time in coordinted signal system compare to isolated signal sytem at the morning peak decreases and reaches 12,65 %, at the afternoon peak 8,87 % and at the evening peak 19,05 %. Where as the travel speed in coordinated signal system will increase and reach 14,65 % at the morning peak, 8,69 % at the afternoon peak and 11,0 % at the evening peak. Entirely coordinated signal system application can get the benefit on total efficiency of operating cost reaches 964.592,-/hour or 21,83 %. Based on the economical analysis shows that up to ten years later, the total cost is Rp. 1.846.143.130,- where as the total benefit is Rp. 4.767.260.752,- with B/C Ratio 2,6. Therefore the investment which will be invested is feasible.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

Tesis dengan judul " KELAYAKAN PEMASANGAN LAMPU LALU LINTAS TERKOORDINASI DI KOTA TEGAL" ini disusun sebagai salah satu persyaratan menyelesaikan studi pada Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Konsentrasi Transportasi Universitas Diponegoro.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Ir. Suripin, M. Eng selaku Ketua Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
2. Ir. Das'at Widodo, MS., selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA., selaku Dosen Pembimbing II.
3. Ir. YI. Wicaksono, MS., Ir. Ismiyati, MS dan Ir. Joko Siswanto, MSP selaku Tim Penguji.
4. Para Dosen Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
5. Para Staf Sekretariat Program Pascasarjana magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
6. Isteri dan Anak-anak kami yang tercinta.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka diri untuk menerima segala bentuk kritik maupun saran. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan para pembaca yang memerlukannya.

Semarang, Oktober 2004

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
INTISARI/ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Maksud dan Tujuan	4
1.4. Pembatasan Permasalahan	4
1.5. Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Manajemen lalu Lintas	11
2.2. Pengendalian Persimpangan Dengan APILL	12
2.3. Sinyal Terkoordinasi	13
2.4. Pemodelan Lalu Lintas	17
2.5. Arus Jenuh	17
2.6. Tundaan Lalu Lintas	18
2.7. Konsumsi Bahan Bakar	19
2.8. Prinsip Lalu Lintas TRANSYT	19
2.9. Nilai Waktu	23
2.10. Nilai Manfaat	25
2.11. Angka Kecelakaan lalu Lintas	26
2.12. Tipe Konflik	26
2.13. Tingkat Fatalitas	28
2.14. Komponen Biaya Investasi Dalam Implementasi Jaringan Persimpangan Bersinyal Terkoordinasi	29
2.14.1. Biaya Konstruksi	29
2.14.2. Biaya Pemeliharaan	29
2.15. Penilaian Investasi	29
2.15.1. Net Present Value (NPV)	29
2.15.2. Net Benefit Cost Ratio	30
2.15.3. Internal Rate Of Return (IRR)	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1. Kerangka Umum Pendekatan	32

3.1.1. Metode Analisis Biaya Tundaan	34
3.1.2. Metode Analisis Biaya Bahan Bakar	36
3.1.3. Metode Analisis Biaya Kecelakaan	37
3.1.4. Metode Analisis Ekonomi	38
3.2. Skema Penanganan	40
3.3. Alat Bantu Survai & Lokasi Penelitian	40
3.3.1. Alat Bantu Survai	40
3.3.2. Penentuan Lokasi Survai	41
3.4. Metode Survai	42
3.4.1. Survai Waktu Perjalanan	42
3.4.2. Survai Inventarisasi Jalan dan Simpang	43
3.4.3. Survai Okupansi Kendaraan	44
3.4.4. Survai Turning Movment	44
3.4.5. Survai Jumlah Antrian	45
3.4.6. Survai Sistem Sinyal	46
3.4.7. Survai Pendapatan Pengguna Jalan	46
3.5. Pengolahan Data	49
<b>BAB IV HASIL PENGUMPULAN DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>51</b>
4.1. HASIL PENGUMPULAN DATA	51
4.1.1. Inventory Jalan	51
4.1.2. Kecepatan Perjalanan	52
4.1.3. Okupansi Kemdaraan	54
4.1.4. Volume lalu Lintas	56
4.1.5. Antrian Kendaraan	61
4.1.6. Fase Sinyal Tiap Pwrsimpangan	62
4.1.7. Arus Jenuh	63
4.1.8. Pendapatan Pengguna Jalan	65
4.2. ANALISIS	66
4.2.1. Running TRANSYT/9	66
4.2.2. Uji Validitas Model	67
4.2.3. Analisis Biaya Tundaan	71
4.2.3.1. Nilai Waktu	71
4.2.3.2. Konversi Satuan Nilai Waktu	74
4.2.3.3. Masukan Data	
4.2.4. ANALISIS BIAYA BAHAN BAKAR	76
4.2.4.1. Total Konsumsi Bahan Bakar	76
4.2.4.2. Faktor Konversi	77

4.2.4.3. Proporsi Penggunaan Jenis Bahan Bakar	79
4.2.4.4. Perhitungan Biaya Bahan Bakar	81
4.2.5. ANALISIS BIAYA KECELAKAAN	83
4.2.5.1. Jmlh Kendaraan Terhenti	84
4.2.5.2. Kontribusi Tipe Konflik Terkait Dengan Jumlah Kendaraan Terhenti	85
4.2.5.3. Rasio Jmlh Kecelakaan & Tingkat Keparahan Korban	88
4.2.5.4. Jumlah Kecelakaan Akibat Jmlh Kendaraan Terhenti	89
4.2.5.5. Perkiraan Jumlah Kecelakaan, Jumlah Korban Biaya Kecelakaan	91
4.2.6. ANALISIS EKONOMI	92
4.2.7. PEMBAHASAN	96
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 101
5.1. Kesimpulan	101
5.2. S a r a n	104
 DAFTAR PUSTAKA	 108
 LAMPIRAN :	
1. Hasil Survai Waktu Perjalanan	110
2. Hasil Survai Jumlah Antrian	111
3. Diagram Waktu Siklus Sinyal Apill	117
4. Jumlah Kendaraan Terhenti (NSV)	119
5. Harga Rambu, Marka dan RPPJ	120
6. Rambu Tipe RPPJ	121
7. Rambu Dilarang Berhenti	122
8. Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Sepeda Motor)	123
9. Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Penumpang)	126
10. Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Bus)	127
11. Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Barang/Truk)	128
12. Penentuan Jmlh Sampel Survai Pendpt Pengguna Jalan	129
13. Keluaran Transyt Apill Terisolasi & Terkoordinasi	130



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan Di Simpang Bersinyal .....	27
2.2.	Tipe Konflik Terkait Jumlah Kendaraan Terhenti...	27
3.1.	Skenario Simulasi Sistem Sinyal .....	40
3.2.	Jadwal Survai Turning Movement .....	45
4.1.	Panjang Marka, Median, Marka Simpang dan Luasnya	52
4.2.	Kecepatan Perjalanan Ruas .....	53
4.3.	Rekapitulasi Hasil Survai Okupansi Kendaraan.....	55
4.4.	Hasil Survai Volume Gerakan Membelok.....	57
4.5.	Survai Antrian Kendaraan.....	61
4.6.	Siklus Sinyal .....	63
4.7.	Arus Jenuh Berdasarkan Data Hasil Survai Geometrik Simpang .....	64
4.8.	Nilai Waktu rata-Rata Pengguna Jalan .....	65
4.9.	Jumlah Antrian Hasil Model dan Hasil Survai .....	68
4.10.	Okupansi Kendaraan dan Faktor SMP .....	72
4.11.	Biaya Tundaan dengan Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi .....	75
4.12.	Faktor Konversi Jumlah Bahan Bakar .....	78
4.13.	Konsumsi Bahan Bakar dengan Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi .....	79
4.14.	Rasio Penggunaan Jenis Bahan Bakar .....	80
4.15.	Biaya Bahan Bakar dengan Sistem Sinyal Terkoordinasi dan Terkoordinasi .....	82
4.16.	Efisiensi Biaya bahan bakar Dengan Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi .....	83
4.17.	Jumlah Kendaraan Terhenti .....	85
4.18.	Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan lalu Lintas di Simpang Bersinyal .....	86
4.19.	Tipe Konflik Terkait Jumlah Kendaraan Terhenti...	87

4.20. Rasio Jumlah Kecelakaan dan Jumlah Korban Tahun 2003 .....	88
4.21. Tingkat Keparahan Korban Kecelakaan lalu Lintas .....	89
4.21. Perkiraan Jumlah Kecelakaan, Korban dan Biaya Kecelakaan .....	92
4.23. Total Cost dan Total Benefit Per Tahun Untuk Analisis Ekonomi Atas Inventasi Proyek Manajemen Lalu Lintas .....	94
4.24. Nilai NP, BCR dan IRR .....	95
4.25. Parameter Mobilitas Sistem Sinyal Terisolasi Terkoordinasi .....	97
4.26 Efisiensi Biaya Operasional .....	99

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
2.1.	Prinsip Sistem Sinyal Terkoordinasi ..... Dengan Jarak Persimpangan Seragam.	14
2.2.	Prinsip Sistem Sinyal Terkoordinasi Dengan Jarak Persimpangan Tidak Seragam .....	14
2.3.	Common Cycletime .....	16
2.4.	Struktur Model Transyt/9 .....	21
2.5.	Biaya Operasional Pengguna Jalan .....	25
2.6.	Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan .....	28
3.1.	Bagan Alir Penelitian .....	33
3.2.	Bagan Alir Metode Analisis Biaya Tundaan .....	35
3.3.	Metode Analisis Biaya Bahan Bakar .....	37
3.4.	Metode Analisis Biaya kecelakaan .....	38
3.5.	Metode Analisis Ekonomi .....	39
4.1.	Panjang Ruas .....	51
4.2.	Pola Distribusi Arus lalu Lintas .....	58
4.3.	Proporsi Jenis Kendaraan Dalam Arus Lalu lintas..	60
4.4.	Perbandingan Jumlah Antrian .....	49
4.5.	Okupansi Kendaraan .....	74
4.6.	Perbandinan Konsumsi Bahan Bakar Terisolasi dan Terkoordinasi .....	79
4.7.	Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan .....	87
4.8.	Biaya Kecelakaan lalu Lintas (Rp/unit) Berdasarkan Tingkat Keparahan Korban .....	91

## DAFTAR LAMPIRAN :

Lampiran 1	: Hasil Survai Waktu Perjalanan .....	110
Lampiran 2	: Hasil Survai Jumlah Antrian .....	111
Lampiran 3	: Diagram waktu siklus Sinyal Apill .....	117
	Terisolasi dan Terkoordinasi	
Lampiran 4	: Jumlah Kendaraan terhenti (NSV).....	119
Lampiran 5	: Harga Rambu, Marka dan RPPJ .....	120
Lampiran 6	: Rambu Tipe RPPJ .....	121
Lampiran 7	: Rambu Dilarang Berhenti .....	122
Lampiran 8	: Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Sepeda Motor) .....	123
Lampiran 9	: Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Penumpang) .....	126
Lampiran 10	: Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Bus) .....	127
Lampiran 11	: Ukuran Sampel Survai Pendapatan Pengguna Jalan (Mobil Barang/Truk) .....	128
Lampiran 12	: Penentan Jumlah Sampel Untuk Survai Pendapatan Pengguna Jalan .....	129
Lampiran 13	: Keluaran Transyt Apill Terisolasi dan Apill Terkoordinasi .....	130

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sebagaimana transportasi diperkotaan pada umumnya berkembang sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kenaikan pendapatan, pertumbuhan pemilikan kendaraan, pemekaran kota serta peningkatan aktivitas ekonomi maupun sosial. Disisi lain terdapat keterbatasan infrastruktur yang tidak seimbang dengan pertumbuhan lalu lintas kendaraan.

Masalah utama transportasi adalah berupa kemacetan lalu lintas, akibatnya biaya operasi kendaraan akan meningkat yang akhirnya akan menjadi beban ekonomi pemerintah dan masyarakat.

Sinyal lalu lintas (*traffic signal*) merupakan suatu bentuk pengontrolan operasi simpang yang paling umum diterapkan, dimana diharapkan akan memberikan suatu penyelesaian masalah lalu lintas pada persimpangan. *Traffic signal* ini diharapkan mampu memberikan pengaturan pada arus lalu lintas secara bergiliran dan berurutan selama jangka waktu tertentu sesuai kebutuhan. Padahal bila jarak antar simpangnya pendek sangat mungkin operasi lalu lintasnya akan makin menurun, ditandai dengan makin meningkatnya berhenti pada simpang, tundaan/*delay* makin besar serta kecepatan perjalanan menurun.

Hal ini merupakan indikasi bahwa pemasangan sinyal lalu lintas pada beberapa simpang yang berdekatan belum dilakukan secara sistematis, baik ditinjau dari sisi teknis operasional maupun secara ekonomis berkaitan dengan sistem operasi antara sinyal lalu lintas yang satu dengan sistem operasi sinyal lalu lintas yang lainnya.

UPT-PUSTAK-UNDIP

Dalam hal ini diperlukan suatu penanganan yang efektif dan efisien dalam pembiayaannya (*cost*), akan tetapi dapat memberikan nilai manfaat (*benefit*) yang sebesar-besarnya.

Oleh karena itu dalam menyusun suatu master-plan pembangunan proyek dibidang transportasi yang terencana dan berkesinambungan, seperti halnya dalam hal pengadaan perangkat sistem sinyal lalu lintas selain didasarkan kepada pertimbangan teknis juga harus mempertimbangkan antara biaya dan keuntungan yang akan diperoleh akibat pengoperasian proyek tersebut, terlebih mengingat adanya keterbatasan dalam hal penyediaan dana oleh Pemerintah.

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, komponen biaya transportasi tersebut terdiri dari biaya investasi atas prasarana dan perlengkapan jalan (*Road Investment Cost*) dan biaya operasional penggunaan jalan (*Road User Cost*).

Pada *cost - benefit analysis*, *RIC* akan muncul sebagai biaya investasi (*cost*), dan *RUC* menjadi *benefit* yang akan diperoleh akibat adanya proyek tersebut. Suatu investasi proyek yang baik akan menunjukkan nilai *RIC* yang lebih kecil dibandingkan dengan manfaat yang akan diperoleh atas pembangunan proyek tersebut, yaitu berupa penurunan nilai *RUC*.

Biaya operasional penggunaan jalan terdiri atas biaya operasi kendaraan (*vehicle operating cost*) dan biaya waktu (*Time value*). Kedua faktor biaya tersebut sangat terkait dengan kecepatan kendaraan.

Pada kecepatan rendah, atau pada suatu kondisi kemacetan lalu lintas biaya operasi kendaraan cenderung mengalami peningkatan, dimana terjadi pemborosan BBM, keausan komponen kendaraan serta pemborosan waktu.

Oleh karena itu, setiap upaya yang dapat meningkatkan kelancaran arus lalu lintas ke tingkat kecepatan optimum, akan dapat meredusir biaya operasional penggunaan jalan.

Penelitian ini akan membuat suatu kajian secara teknis dan ekonomis nilai manfaat pada suatu skema manajemen lalu lintas, yang dalam hal ini dipilih penelitian terhadap pengaturan simpang APILL yang dikoordinasikan pada ruas jalan utama di kota Tegal.

Hasil kajian lebih lanjut berupa suatu analisis ekonomi dengan menggunakan 2 parameter investasi, agar dapat diketahui apakah program/skema penanganan tersebut secara ekonomi layak atau tidak.

## 1.2. Permasalahan

Kawasan sepanjang jaringan jalan daerah penelitian ini merupakan ruas jalan utama dengan 9 (sembilan) simpang yaitu simpang Maya, Simpang Merpati, Simpang Suzana, Simpang Dr. Sutomo, Simpang Bioskop Dana, Simpang Pasar Sore, Simpang Gudang Garam, Simpang Laguna dan Simpang Martoloyo, yang merupakan lalu lintas terusan yang merupakan pergerakan lalu lintas internal-eksternal maupun eksternal-eksternal.

Untuk itu pengaturan arus lalu lintas yang jelas dan tegas merupakan hal yang harus dilakukan, agar pada persimpangan tersebut dapat beroperasi secara optimal. Permasalahan yang dihadapi adalah seringkali saat kendaraan melintas pada persimpangan bersinyal, kendaraan yang melintasi sering mendapatkan sinyal merah. Keadaan ini menjadikan hambatan bagi kendaraan yang bersangkutan, selain itu pada saat-saat jam sibuk sering terjadi antrian panjang yang menyebabkan masing-masing kendaraan mengalami *delay* (tundaan).

Sebaliknya pada saat jam tidak sibuk seringkali pengoperasian sinyal lalu lintas secara *fixed time* ini menyebabkan satu kaki jalan terhalang oleh nyala lampu merah, padahal pada kaki jalan yang lain tidak ada kendaraan yang lewat. Hal ini berarti menunjukkan bahwa pengoperasian sinyal lalu lintas saat ini dirasakan kurang efisien.

### 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini :

- a. Meneliti tingkat performansi simpang berlampu lalu lintas terisolasi dan terkoordinasi terhadap biaya operasional pengguna jalan.
- b. Melakukan analisa ekonomi terhadap suatu rencana investasi ditinjau dari kelayakan teknis maupun ekonomi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah meneliti dampak diterapkannya sistem sinyal terkoordinasi (*fixed time*) terhadap biaya operasional pengguna jalan, guna mengetahui unjuk kerja pengaturan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) tersebut. Pada penerapan sinyal terkoordinasi ini akan dibandingkan dengan kondisi *eksisting* (Sinyal terisolasi) dalam hal biaya tundaan, biaya bahan bakar dan biaya kecelakaan dan untuk mendapatkan suatu skema penanganan investasi yang secara ekonomis layak untuk dilaksanakan.

### 1.4. Pembatasan Permasalahan

Ruang lingkup penulisan ini meliputi usulan koordinasi lampu lalu lintas sebagai suatu alternatif untuk mengurangi waktu dan biaya perjalanan, pada jaringan jalan di beberapa simpang di Kota Tegal.



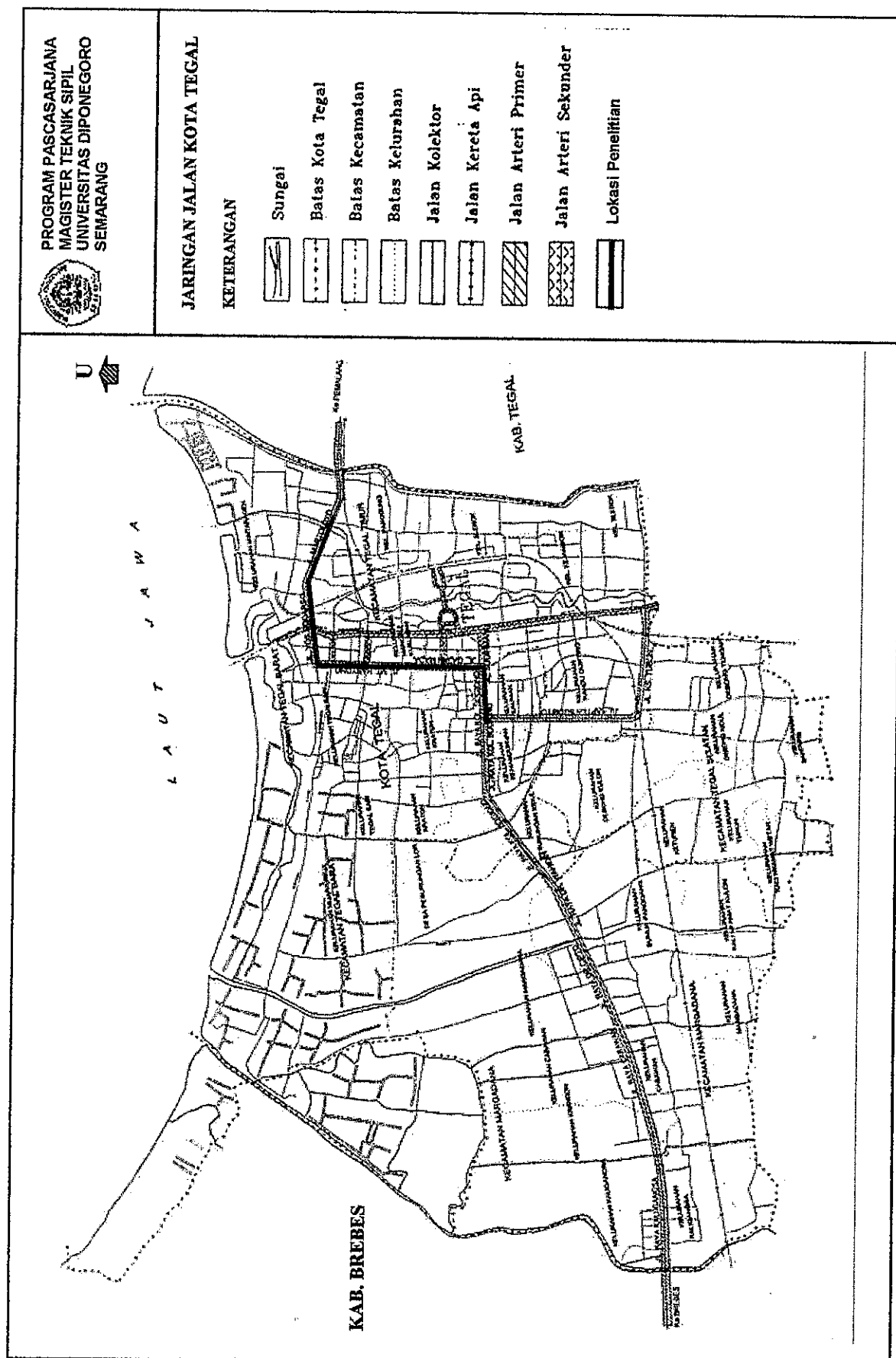
Jaringan jalan tersebut merupakan ruas jalan utama yang dihubungkan oleh beberapa simpang yang berbentuk suatau kawasan/daerah. Simpang-simpang pada daerah penelitian ini, mempunyai karakteristik pergerakan lalu lintas yang sama dan masih menggunakan sistem operasi lalu lintas terisolasi. Dari kondisi topografi, geometrik dan volume lalu lintasnya memungkinkan dikoordinasikan lampu lalu lintas.

Penelitian ini dibatasi pada pointer input data yang berkaitan dengan analisa kondisi persimpangan terisolasi (eksisting) dengan tidak melakukan analisis optimalisasi yang selanjutnya akan dibandingkan dengan usulan koordinasi persimpangan melalui aplikasi Transyt/9. Dengan asumsi bahwa penerapan persimpangan terkoordinasi tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pergerakan arus lalu lintas di jalan minor sepanjang koridor penelitian.

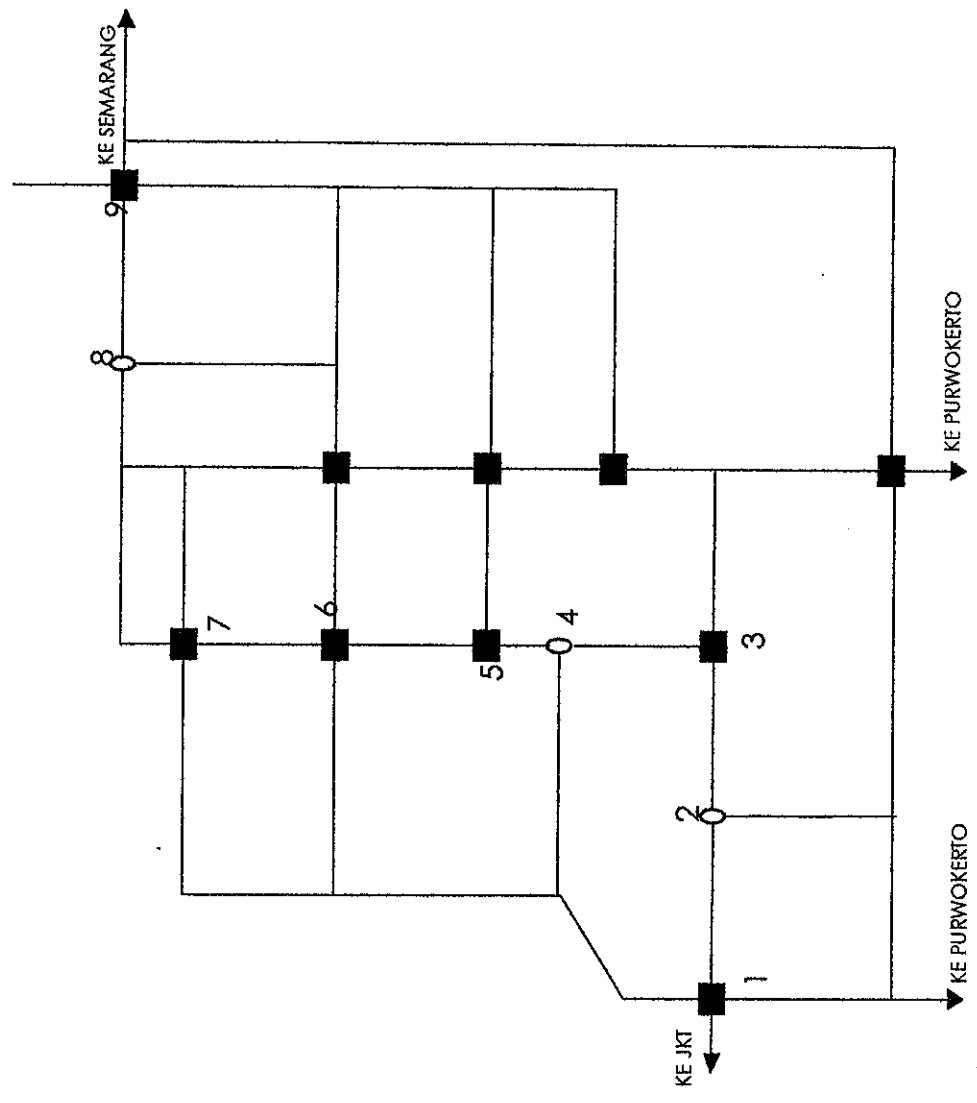
Hasil kajian tersebut selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut dalam suatu analisis ekonomi dengan menggunakan 3 parameter analisa investasi yaitu NPV, BCR dan IRR sehingga diharapkan bahwa kondisi persimpangan setelah dikoordinasikan akan menjadi lebih baik kinerjanya dibandingkan dengan kondisi eksisting baik ditinjau dari segi waktu, biaya perjalanan maupun kelayakan penilaian investasi yang akan ditanamkan.

Dengan menggunakan asumsi bahwa investasi yang akan ditanamkan berupa pengadaan sinyal lalu lintas dan perlengkapan pendukungnya, merupakan pengadaan baru.

Penelitian ini menggunakan paket program TRANSYT /9 dibawah lisensi TRRL (Transport and Road Research Laboratory) Inggris, dimana simulasi pengaturan pergerakan lalu lintas sepanjang koridor penelitian dilakukan berdasarkan asumsi-asumsi yang diterapkan dalam program TRANSYT/9.



# PETA KORIDOR PENELITIAN



## KETERANGAN :

- : SIMPANG APILL
- : SIMPANG PRIORITAS
- 1 : SIMPANG MAYA
- 2 : SIMPANG MERPATI
- 3 : SIMPANG SUZANA
- 4 : SIMPANG DR. SUTOMO
- 5 : SIMPANG BIOSKOP DANA
- 6 : SIMPANG PASAR SORE
- 7 : SIMPANG GUDANG GARAM
- 8 : SIMPANG LAGUNA
- 9 : SIMPANG MARTOLOYO

## PANJANG RUAS :

- NODE 1 KE 2 : 350 METER ( JL. SUTOYO )
- NODE 2 KE 3 : 112 METER ( JL. SUTOYO )
- NODE 3 KE 4 : 280 METER ( JL. G. MADA )
- NODE 4 KE 5 : 90 METER ( JL. G. MADA )
- NODE 5 KE 6 : 775 METER ( JL. G. MADA )
- NODE 6 KE 7 : 335 METER ( JL. MT HARYONO )
- NODE 7 KE 8 : 650 METER ( JL. PROKLAMASI )
- NODE 8 KE 9 : 890 METER ( JL. MARTOLOYO )

- : SIMPANG STUDI
- : SIMPANG NON STUDI

### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan mengacu kepada ketentuan yang telah ditetapkan pada Pedoman Penyusunan dan Penulisan Tesis Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan : berisikan latar belakang penulisan, pokok permasalahan, maksud dan tujuan yang hendak dicapai, batasan ruang lingkup, metodologi penulisan serta sistematika yang dipergunakan pada penulisan ini.

2. Bab II Tinjauan Pustaka : pada bab ini akan diuraikan secara kronologis dan sistematis tinjauan pustaka yang berkaitan atau melatar belakangi penulisan tesis ini. Hal ini bisa berupa aspek legalitas yang merupakan produk hukum Pemerintah dalam kaitannya dengan subyek penelitian maupun aspek teori atau hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang memiliki relevansi dengan penulisan tesis ini.

3. Bab III Metodologi Penelitian : bab ini menguraikan tentang metode penelitian yang akan diterapkan pada penulisan tesis ini.

Didalamnya mencakup kebutuhan data, survai-survai yang perlu dilakukan, parameter-parameter yang dipergunakan, asumsi dan prosedur yang akan diterapkan serta kerangka acuan kerja/kak (*logical frame work*) secara keseluruhan yang akan menggambarkan bagaimana penelitian tesis ini akan dilaksanakan.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan : pada bab empat ini akan dipaparkan mengenai hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, baik melalui penggambaran secara narasi maupun visualisasi berupa gambar-gambar maupun tabel-tabel yang menunjukkan kondisi lalu lintas pada kondisi *eksisting* maupun kondisi hasil simulasi *TRANSYT* / 9. Pada bab ini juga akan dibahas analisis dan evaluasi yang dilakukan pada masing-masing kondisi.

5. Bab V Penutup : bab lima adalah merupakan bab terakhir yang didalamnya berisikan kesimpulan dari keseluruhan rangkaian penulisan sesuai dengan maksud dan tujuan

awal dari penulisan ini, saran-saran untuk peningkatan dan perbaikannya serta rekomendasi akhir.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Manajemen Lalu Lintas

Pada dasarnya, manajemen lalu lintas adalah merupakan suatu perencanaan transportasi jangka pendek (*operational planning*). Manajemen lalu lintas berhadapan dengan arus lalu lintas dan prasarana yang ada, serta bagaimana mengorganisasikannya agar dapat mencapai unjuk kerja secara keseluruhan yang terbaik ( *Diktat perkuliahan Manajemen Lalu Lintas Program Diploma IV Transportasi Darat* )

Tujuan pokok dari manajemen lalu lintas adalah memaksimalkan penggunaan sistem jalan yang ada dan meningkatkan keamanan jalan tanpa merusak kualitas lingkungan. Konsep penanganan pada manajemen lalu lintas berbasis pada konsep *low cost improvement* dengan *time horizon* jangka pendek, sehingga manajemen lalu lintas adalah suatu strategi yang sangat tepat untuk diterapkan pada perencanaan operasional yang mendesak.

Dalam melakukan identifikasi masalah pada suatu skema manajemen lalu lintas, kriteria obyektif yang dipergunakan untuk mengevaluasi sistem diantaranya adalah : total waktu perjalanan, tingkat keselamatan, biaya perjalanan, kenyamanan, lingkungan dan konservasi energi.

Terdapat 3 (tiga) strategi umum dalam manajemen lalu lintas, dimana ketiganya tidak terpisahkan satu dengan lainnya, sebaliknya ketiganya dimungkinkan untuk dikombinasikan sebagai bagian dari suatu skema penanganan manajemen lalu lintas. Adapun ketiga strategi yang dimaksud adalah : *Manajemen terhadap kapasitas, Manajemen prioritas dan Manajemen terhadap permintaan.*

## 2.2. Pengendalian Persimpangan Dengan APILL

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas ( APILL ) adalah suatu perangkat peralatan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas di persimpangan atau pada ruas. Prinsip dasar dari persimpangan yang diatur dengan APILL ini adalah mengendalikan konflik yang terjadi pada suatu simpang dengan suatu isyarat lampu dengan cara mengatur pelepasan lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan.

Keberhasilan dari pengendalian ini adalah berupa berkurangnya penundaan waktu untuk melalui persimpangan serta menurunnya angka kecelakaan pada persimpangan.

Dalam pengoperasian sinyal lalu lintas dikenal ada dua jenis sistem utama, yaitu sistem sinyal *fixed-time* dan *traffic responsive*. Sistem sinyal *fixed-time* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan waktu siklus tetap, modifikasi dari waktu siklus tetap ini dapat di-*setting* untuk periode waktu tertentu seperti untuk simulasi harian, mingguan atau jam sibuk dan jam tidak sibuk. Sedangkan sistem sinyal *traffic responsive* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan *setting* waktu siklus yang dapat berubah-ubah sesuai kondisi arus lalu lintas yang ada. Dalam pengoperasian sinyal lalu lintas dengan menggunakan sistem sinyal *fixed-time* maupun menggunakan sistem sinyal *traffic responsive*, masing-masing dapat dioperasikan secara terisolasi maupun terkoordinasi. Dalam hal ini apabila dioperasikan secara terisolasi maka suatu sistem sinyal tersebut berdiri sendiri untuk satu simpang saja, akan tetapi apabila dioperasikan secara terkoordinasi, maka sistem sinyal tersebut saling terkait antara simpang yang satu dengan simpang yang lain dalam suatu sistem jaringan sinyal lalu lintas.



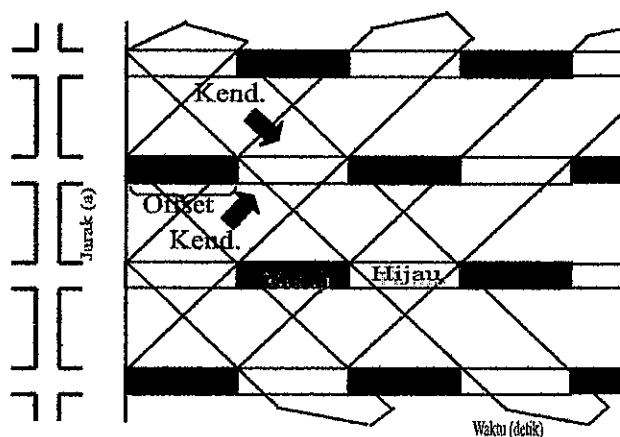
Sistem sinyal yang dilakukan secara terisolasi akan memiliki waktu siklus yang berbeda-beda pada tiap simpangnya, sedangkan dalam sistem sinyal terkoordinasi, semua sinyal dalam jaringan mempunyai waktu siklus yang sama atau setengah dari nilai waktu siklus tersebut.

### 2.3. Sinyal Terkoordinasi

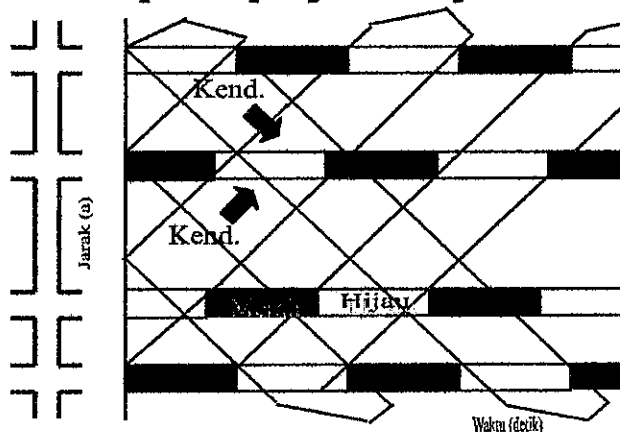
Pengaturan simpang dengan menggunakan APILL yang dikoordinasikan mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional. Pengoperasian sistem sinyal dengan terkoordinasi itu sendiri pada dasarnya adalah merupakan pengoperasian APILL secara bersama-sama dengan konsep gelombang hijau ( *green wave* ) yang memungkinkan iringan kendaraan ( *platoon* ) berjalan melewati beberapa simpang bersinyal dengan selalu mendapatkan sinyal hijau secara berturut-turut sehingga meminimalkan tundaan ( *delay* ) dalam sistem jaringan.

Sistem sinyal terkoordinasi hanya memiliki 1 (satu) waktu siklus ( *cycletime* ) yang disebut *common cycle time*. Waktu siklus antar simpang pada sistem sinyal terkoordinasi dapat sama, setengahnya atau kelipatannya. Kekurangan dari sistem ini adalah menjadikan *cycletime* per individu simpang tidak berada pada kondisi optimumnya. Namun demikian, hal ini dapat ditutupi dengan mengurangi *delay* pada jaringan jika dibandingkan dengan total *delay* apabila simpang-simpang tersebut tidak dikoordinasikan. Koordinasi dari sistem ini akan berjalan dengan baik apabila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil, sehingga kelompok kendaraan yang terbentuk pada awal persimpangan tidak terlalu menyebar.

Sistem sinyal terkoordinasi akan efektif pada kondisi arus lalu lintas yang variasi kecepatan dalam kelompok kendaraannya relatif kecil dan jarak antara dua simpang bersinyal yang berurutan kurang dari 1200 meter (Rekayasa Lalu Lintas, Ditjend. Hubdat). Dalam survai pendahuluan yang telah dilakukan didapatkan data bahwa pada sepanjang lokasi penelitian yang dimaksud kondisi simpang bersinyal yang berurutan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, oleh karena itu penerapan terhadap teori-teori sinyal terkoordinasi memungkinkan untuk dilaksanakan. Prinsip kerja sistem sinyal terkoordinasi, adalah sebagaimana Gambar 2.1. dan 2.2 berikut ini :



Gambar 2.1. Prinsip Sistem Sinyal Terkoordinasi dengan jarak persimpangan seragam



Gambar 2.2. Prinsip Sistem Sinyal Terkoordinasi dengan jarak persimpangan tidak seragam

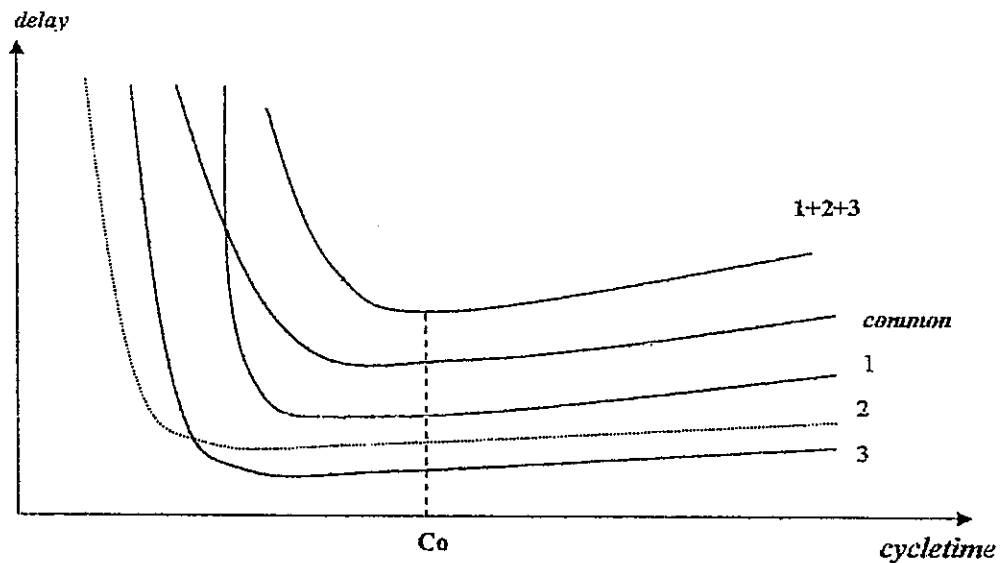
Dari gambar diatas dapat kita lihat bahwa beberapa persimpangan yang berdekatan dikoordinasikan sedemikian rupa, sehingga diharapkan hambatan total pada semua persimpangan yang dikoordinasikan menjadi berkurang.

Koordinasi akan berjalan dengan baik bila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil sehingga kelompok kendaraan tersebut tidak terlalu menyebar / terpisah (membentuk kelompok / *platoon*). Pada gambar diatas diilustrasikan bahwa *platoon* yang terbentuk tersebut diusahakan untuk senantiasa memperoleh waktu hijau pada saat melintasi persimpangan sehingga dapat menurunkan hambatan total yang terjadi.

Apabila terdapat 3 (tiga) simpang yang dioperasikan secara terisolasi, maka pada tiap simpang tersebut mempunyai waktu siklus optimum ( $C_0$ ) dan *delay* yang berbeda dan apabila dijumlahkan total *delay* tersebut akan membentuk grafik yang merupakan penjumlahannya.

Dalam hal ini apabila simpang dimaksud adalah terdiri dari simpang 1, simpang 2 dan simpang 3, maka total *delay* dari ke 3 (tiga) simpang yang dioperasikan secara terisolasi tersebut akan membentuk grafik *delay*  $1+2+3$ . Namun apabila ketiga simpang tersebut dioperasikan secara terkoordinasi, maka total *delay* akan membentuk grafik *common* yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan total *delay* simpang yang dioperasikan terisolasi.

Pada Gambar 2.3. berikut ini menunjukkan suatu ilustrasi bahwa grafik total *delay* suatu simpang yang dioperasikan secara terkoordinasi akan lebih kecil bila dibandingkan dengan total *delay* simpang yang dioperasikan secara terisolasi :



Gambar 2.3. Common Cycletime

Phase merupakan bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau yang disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas. Sedangkan Offset merupakan selisih dimulainya waktu hijau antara dua sinyal pada dua simpang yang berurutan. Pada sistem sinyal terkordinasi, offset mempunyai peranan penting dalam menentukan kedatangan yang tepat bagi suatu platoon di lajur masuk simpang berikutnya.

Platoon dispersion merupakan penyebaran iringan kendaraan selama menempuh ruas diantara dua simpang yang berurutan. Semakin kecil penyebaran iringan akan semakin baik dalam mendukung suksesnya sistem sinyal terkoordinasi, demikian pula sebaliknya.

Maka dapat diatakan bahwa platoon dispersion merupakan fungsi dari variasi kecepatan dalam kelompok kendaraan. Dengan variasi kecepatan yang yang kecil, maka diharapkan kelompok kendaraan tidak terlalu menyebar selama menempuh suatu ruas.

#### 2.4. Pemodelan Lalu Lintas

Untuk membuat suatu simulasi dari suatu skema manajemen lalu lintas, maka dibuat suatu pemodelan lalu lintas yang merupakan simplifikasi dari unjuk kerja arus lalu lintas, baik dalam lingkup *spot*, *site* maupun *network*.

Kondisi arus lalu lintas dalam suatu area pengamatan dapat disimulasikan dengan model berskala jaringan (*network*).

Salah satu model yang secara khusus dibuat untuk kajian kinerja lalu lintas dalam skala jaringan adalah *TRANSYT* (*TRAffic Network Study Tool*) yang dikembangkan oleh *TRRL* (*Transport and Road Research Laboratory*), Inggris, sejak tahun 1967 dan dikembangkan hingga versi 9 (*TRANSYT/9*), yaitu yang akan dipergunakan dalam penelitian ini.

#### 2.5. Arus Jenuh

Menurut R.J. Salter (1980) ada 2 (dua) faktor yang mempengaruhi kapasitas suatu mulut jalan, yaitu faktor jalan dan faktor lalu lintas. Faktor jalan berupa lebar lajur, kebebasan samping, jalur tambahan, keadaan permukaan jalan, alinyemen dan landai jalan. Sedangkan faktor lalu lintas berupa pengaruh berbagai tipe kendaraan terhadap keseluruhan arus lalu lintas pada mulut jalan yang diperhitungkan dengan membandingkan terhadap pengaruh 1 (satu) mobil penumpang.

Definisi Arus Jenuh adalah iring-iringan kendaraan maksimum yang mengalir terus menerus melewati garis berhenti suatu mulut jalan dari pertemuan jalan sebidang berisyarat lampu lalu lintas selama periode hijau, yang dinyatakan dalam smp/jam. Pada simpang bersinyal, arus jenuh terjadi saat sinyal hijau pada

lampu lalu lintas menyala, sehingga arus jenuh dinyatakan dalam satuan smp/jam-hijau.

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), maka arus jenuh adalah diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan ;

S = Arus Jenuh (smp)

S<sub>o</sub> = Arus jenuh dasar (smp)

{ S<sub>o</sub> berdasarkan MKJI untuk simpang bersinyal tipe Opposed }

F<sub>cs</sub> = Faktor penyesuaian ukuran kota dalam jutaan penduduk

F<sub>sf</sub> = Faktor penyesuaian hambatan samping

F<sub>g</sub> = Faktor penyesuaian gradien kaki persimpangan

F<sub>p</sub> = Faktor penyesuaian kondisi parkir

F<sub>rt</sub> = Faktor penyesuaian prosentase lalu lintas belok kanan

F<sub>lt</sub> = Faktor penyesuaian prosentase lalu lintas belok kiri

## 2.6. Tundaan Lalu Lintas

Tundaan Lalu Lintas merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Dalam TRANSYT/9, tundaan dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Delay} = T / 4 \{ [ (f - F)^2 + 4 f/T ]^{1/2} + (f - F) \} \dots (2)$$

Keterangan ;

f = arus link (smp/jam)

F = kapasitas link (smp/jam)

T = durasi waktu sinyal (jam)

## 2.7. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar dalam program TRANSYT/9 diestimasikan dengan persamaan berikut :

$$F_1 = A + B.V + C.V^2 \quad \text{.....} \quad ( 3 )$$

$$F_2 = E.V^2 \quad \text{.....} \quad ( 4 )$$

$$F_3 = D \quad \text{.....} \quad ( 5 )$$

Keterangan ;

$F_1$  = Konsumsi BBM pada kecepatan konstan (liter/100 smp-km)

$F_2$  = Konsumsi BBM pada saat akselerasi/deselerasi (liter/smp)

$F_3$  = Konsumsi BBM pada saat idling (liter/smp-jam)

$V$  = Kecepatan kendaraan (km/jam)

$A$  =  $170.10^{-1}$

$B$  =  $- 455.10^{-3}$

$C$  =  $490.10^{-5}$

$D$  =  $140.10^{-2}$

$E$  =  $770.10^{-8}$

## 2.8. Prinsip Lalu Lintas TRANSYT

Program TRANSYT (*Traffic Network Study Tool*) ini ditulis dalam bahasa FORTRAN IV dibawah lisensi TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*) yang diperkenalkan sejak tahun 1969, dimana dalam hal ini paket program terakhir adalah Program Komputer TRANSYT edisi ke 9.

TRANSYT merupakan suatu metoda untuk menentukan pengaturan lampu lalu lintas waktu tetap optimal, sehingga arus yang ada dapat melintasi jaringan jalan berlampu lalu lintas dengan biaya total minimum. Dalam hal ini dilakukan dengan membandingkan parameter kualitas TRANSYT untuk kondisi jaringan yang ada

(eksisting) dengan kondisi dan jaringan setelah dilakukan modifikasi.

Sedangkan parameter yang dihasilkan dari *TRANSYT* untuk jaringan yang ada pada kondisi yang sebenarnya adalah berupa panjang perjalanan total dalam sistem (smp-km/jam), waktu total dalam sistem (smp/jam), kecepatan perjalanan rata-rata (km/jam) dan tundaan total (smp/jam).

Adapun parameter yang dihasilkan setelah dilakukan modifikasi adalah berupa : panjang perjalanan total dalam sistem (smp-km/jam), waktu total dalam sistem (smp/jam), kecepatan sistem (km/jam), tundaan total dalam sistem (smp/jam), biaya total dari tundaan dalam sistem (Rp/jam), biaya total dari stop dalam sistem (Rp/jam), penggunaan bahan bakar (liter/jam) dan *TRANSYT Performance Index*.

Dalam hal ini struktur *TRANSYT* memiliki dua elemen utama yaitu terdiri dari model lalu lintas dan optimasi sinyal.

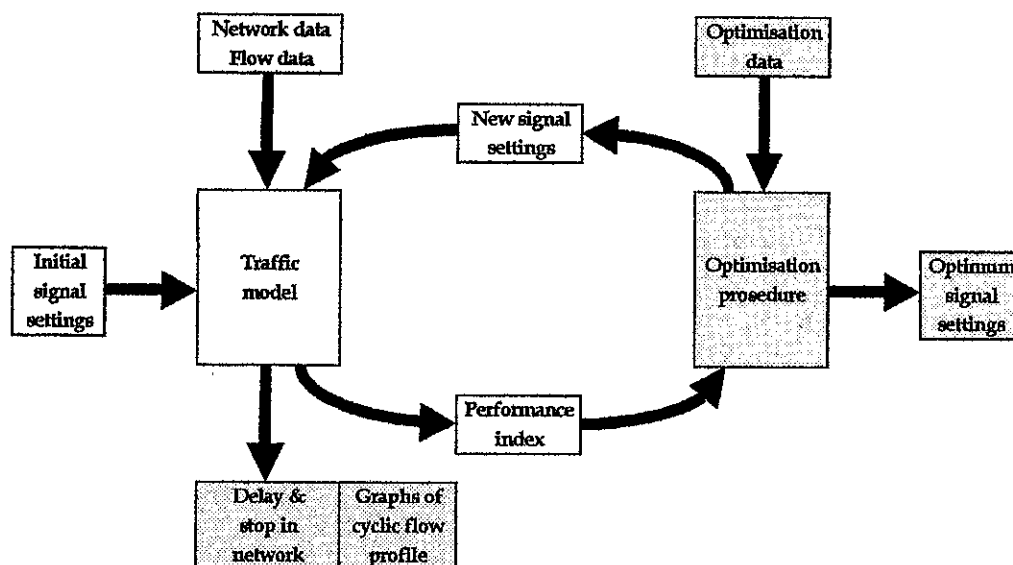
Model menyatakan karakteristik lalu lintas didalam jaringan, dimana hampir semua persimpangan diatur dengan lampu lalu lintas.

Model akan memperkirakan nilai *Performance Index (PI)* untuk suatu jaringan jalan, dengan pengaturan waktu tetap.

*Performance Index* adalah pengukuran biaya keseluruhan dari kemacetan lalu lintas, pada umumnya merupakan kombinasi pembobotan dari jumlah total tundaan dan jumlah stop (*NSV*) yang dialami kendaraan dalam satuan \$/jam untuk semua ruas dalam jaringan.

Pada Gambar 2.4. berikut ini ditampilkan struktur Model *Transyt/9* :





Gambar 2.4.  
Struktur Model TRANSYT/9

Asumsi-asumsi dasar yang dipergunakan dalam TRANSYT/9 adalah :

1. Semua persimpangan utama dalam jaringan diatur dengan lampu lalu lintas;
2. Semua lampu lalu lintas dalam jaringan mempunyai waktu siklus yang sama atau setengah dari nilai waktu siklus tersebut;
3. Untuk setiap arus lalu lintas berbeda yang melintas diantara persimpangan atau membelok pada persimpangan, arus rata-rata selama periode tertentu diketahui dan diasumsikan tetap selama periode analisa.

Dalam TRANSYT jaringan yang diteliti dinyatakan dengan *node* dan dihubungkan dengan ruas. Setiap persimpangan dengan lampu lalu lintas dinyatakan sebagai *node* dan setiap arah arus lalu lintas ke *node* dinyatakan sebagai ruas. *Node* mewakili simpang bersinyal, sedangkan ruas mewakili satu atau lebih lajur lengan simpang.

Waktu siklus yang sama dari lampu lalu lintas dibagi dalam sejumlah interval yang sama disebut *steps*. Semua perhitungan *TRANSYT* dibuat berdasarkan nilai rata-rata dari arus lalu lintas, pergerakan membelok dan antrian yang diharapkan terjadi setiap step dari waktu siklus. Dalam memodelkan perilaku lalu lintas, *TRANSYT* menggunakan histogram untuk merepresentasikan *profile* kedatangan arus lalu lintas selama satu siklus sinyal, yang selanjutnya disebut sebagai *cyclic flow profile*.

Dalam proses kalkulasi untuk memperoleh output-nya, model *TRANSYT* menggunakan formulasi-formulasi utama sebagai berikut :

1. *Degree of saturation (DS)*

$$DS = \frac{\text{Linkflow} \times \text{Cycletime}}{\text{Saturationflow} \times \text{Greentime}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

2. *Mean cruise time (CT)*

$$CT = \frac{\text{Linklength}}{\text{Linkspeed} / 3,6} \quad \dots\dots\dots (7)$$

*Mean cruise time* dalam satuan detik.

3. *Mean delay time (DT)*

$$DT = \frac{\text{Uniformdelay} + \text{Random \& Oversatdelay}}{\text{Linkflow}} \times 3600 \quad \dots\dots (8)$$

*Mean delay time* dalam satuan detik.

4. *Cost of delay (CD)*

$$CD = \frac{\text{Uniformdelay} + \text{Random \& Oversatdelay}}{100} \times VOT \quad \dots (9)$$

*Cost of delay* dalam satuan \$/jam.

5. *Cost of stop (CS)*

$$CS = \frac{Linkflow \times Meanstop \times Stopvalue}{10000} \dots\dots\dots ( 10 )$$

*Cost of stop* dalam satuan \$/jam.

## 2.9. Nilai Waktu

Waktu adalah salah satu parameter yang biasa dipergunakan dalam melakukan suatu *cost - benefit analysis* pada suatu proyek / studi transportasi. Untuk mengkuantitatifkan waktu tersebut, biasanya dipergunakan apa yang disebut dengan nilai waktu ( *value of time* ).

Untuk mengetahui biaya transportasi, waktu perjalanan yang terjadi perlu diubah menjadi sebuah nilai uang, dimana hal seperti ini disebut oleh ahli ekonomi sebagai harga bayangan yang memerlukan estimasi.

Dalam penelitian ini, yang dimaksud nilai waktu adalah nilai waktu perjalanan. Nilai waktu perjalanan yang dilakukan selama waktu kerja adalah sama dengan nilai waktu yang seharusnya dipergunakan untuk menghasilkan barang dan jasa (Tjokroadiredjo, 1990).

Berdasarkan Literatur dari Rogers Kenneth C., 1975, yang berjudul "*The Use of Behavioural Models for Deriving Values of Travel Time : The State of The Art*", D.C Health and Company, Canada, terdapat 8 (delapan) metoda yang dipergunakan dalam mengevaluasi suatu nilai waktu. Adapun 8 (delapan metode tersebut antara lain adalah : *Metode Income Approach, Housing Price Approach, Traffic Distribution Model Approach, Mode Choice Approach, Diversion Ratio Approach, Running Speed Selection Approach, Transfer Price Approach* dan *Logit Model*.

Dalam penulisan tesis ini pendekatan yang akan dipergunakan untuk mencari nilai waktu, adalah dengan

menggunakan *Metode Income Aproach*. Dalam pendekatan ini memperhitungkan dua faktor, yaitu pendapatan perkapita dan jumlah waktu kerja tahunan seseorang, dengan mengasumsikan bahwa waktu yang digunakan menghasilkan suatu produk dalam bentuk pendapatan seseorang.

Pendekatan dengan menggunakan *Metode Income Approach* ini, menghasilkan nilai waktu perjalanan rata-rata dalam daerah studi.

Dalam metode ini pengumpulan data dapat diperoleh dengan melalui dua metode, yaitu melalui data primer ataupun dengan data sekunder. Data primer dilakukan dengan cara wawancara kepada pengguna jalan yaitu dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan seperti pendapatan, jumlah jam kerja dan lain sebagainya.

Sedangkan data sekunder dapat diperoleh melalui kantor Biro Pusat Statistik, yaitu berupa data Produk Nasional Bruto atau Produk Domestik Regional Bruto, demografi (Jumlah penduduk, umur, angkatan kerja) dan lain sebagainya.

Pengumpulan data dengan menggunakan pendekatan *Metode Income Approach* biayanya relatif murah, juga pada waktu dilakukan kompilasi terhadap data akan relatif lebih cepat.

Rumus pendekatan dengan *Mwtode Income Approach* ini adalah :

$$\lambda = \frac{PDRB / orang}{waktu kerja tahunan} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

$\lambda$  = nilai waktu perjalanan

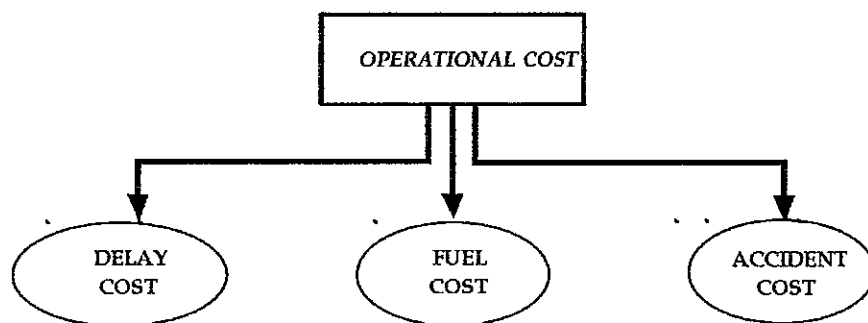
PDRB = Produk Domestik Regional Bruto

## 2.10. Nilai Manfaat

Dalam melakukan nilai manfaat pada suatu proyek transportasi pada umumnya adalah berupa *intangibles cost*, yang berwujud pada aspek-aspek kenyamanan, kelancaran, keamanan, keselamatan dan ketertiban lalu lintas.

Dalam suatu investasi yang dilakukan dengan aplikasi program sinyal terkoordinasi ini, maka nilai manfaat investasi yang dimaksud adalah berupa penurunan biaya operasional pengguna jalan (*Road User Cost*) saat berlalu lintas. Adapun biaya operasional pengguna jalan tersebut terdiri atas tiga komponen yaitu berupa biaya tundaan, biaya kecelakaan dan biaya bahan bakar.

Pada gambar 2.5. berikut ini Biaya Operasional Pengguna Jalan :



Gambar 2.5.  
Biaya Operasional Pengguna Jalan

Adapun konsep biaya operasional diuraikan sebagai berikut :

1. Biaya Tundaan (BT), merupakan fungsi dari lamanya tundaan, maka secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai :

$$BT = f \{ \text{lama tundaan, VOT / Nilai Waktu} \}$$

maka semakin lama tundaan, semakin besar kerugian yang dialami;

2. Biaya Bahan Bakar (BBB), merupakan fungsi dari tundaan dan kecepatan, maka secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai :

$$BBB = f \{ \text{tundaan, kecepatan} \}$$

maka semakin besar tundaan, semakin banyak konsumsi bahan bakar dan relatif berbanding terbalik dengan kecepatan perjalanan;

## 2.11. Angka Kecelakaan

*Indonesia Highway Capacity Manual (IHCM)* menyebutkan bahwa rata-rata tingkat kecelakaan atau angka kecelakaan (*accident rate*) di simpang bersinyal adalah sebesar 0,43 kecelakaan / juta-kendaraan. Nilai tersebut ditetapkan berdasarkan Studi Statistik Kecelakaan di Indonesia - Sistem 3L (1989-1994) dan tinjauan kepustakaan internasional mengenai dampak pada keselamatan lalu lintas akibat perubahan rencana geometrik dan tipe pengaturan lalu lintas.

## 2.12. Tipe Konflik

Kecelakaan lalu lintas di simpang, terjadi karena adanya berbagai konflik antar kendaraan atau dengan pejalan kaki yang menggunakan simpang secara bersamaan dalam dimensi ruang dan waktu. Menurut *Zegger dan Deen*, potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas di simpang biasanya diindikasikan oleh kondisi konflik lalu lintas yang ada. Konflik di simpang yang potensial menimbulkan kecelakaan terdiri dari 12 tipe konflik berdasarkan bentuk gerakan yang dilakukan oleh kendaraan yang mengalami konflik.

Adapun ke 12 (dua belas) tipe konflik tersebut adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1. dibawah ini:

Tabel 2.1. Kontribusi Tipe Konflik Thd Kecelakaan di Simpang Bersinyal :

No	Tipe Konflik	Conflict Rate/ 1000 Veh	Kontribusi (%)
1	<i>Congestion and traffic backup</i>	53,3	52,62
2	<i>Slow for left turn</i>	15,6	15,40
3	<i>Slow for right turn</i>	11,5	11,35
4	<i>Brake for previous conflict</i>	3,6	3,55
5	<i>Other rear-end conflict</i>	3,3	3,26
6	<i>Weave conflict</i>	3,0	2,96
7	<i>Running red light</i>	2,9	2,86
8	<i>Brake for slow moving vehicle</i>	2,3	2,27
9	<i>Abrupt stop</i>	1,4	1,38
10	<i>Opposing right turn</i>	1,3	1,28
11	<i>Pedestrian</i>	0,9	0,89
12	<i>Other conflict &amp; erratic maneuvers</i>	2,2	2,17

Sumber : Zeeger and Deen (1978)

Sedangkan dari ke 12 tipe konflik terhadap kecelakaan di simpang bersinyal tersebut diatas, maka terdapat 5 (lima) tipe konflik yang terkait dengan jumlah dan pergerakan kendaraan terhenti akibat sistem sinyal yang berlaku.

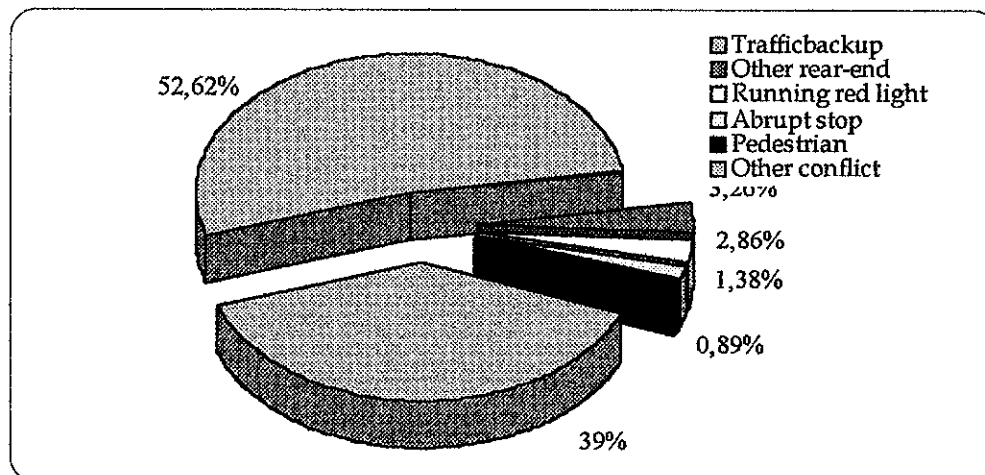
Adapun ke 5 (lima) tipe konflik tersebut adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 2.2. dan Gambar 2.6. berikut ini :

Tabel 2.2. Tipe Konflik Terkait Jumlah Kendaraan Terhenti

No	Type of Conflict	Probability
1	<i>Congestion &amp; traffic backup</i>	0,5262
2	<i>Other rear-end conflict</i>	0,0326
3	<i>Running red light</i>	0,0286
4	<i>Abrupt stop</i>	0,0138
5	<i>Pedestrian</i>	0,0089
<i>Total</i>		<i>0,6101</i>

Sumber : Zegeer and Deen (1978)

Dari Tabel 2.2. tersebut diatas, diketahui bahwa probabilitas atau kontribusi 5 (lima) tipe konflik yang terkait dengan jumlah kendaraan terhenti terhadap kecelakaan di simpang, mencapai 0,6101 atau 61,01%.



Gambar 2.6. Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan

### 2.13. Tingkat Fatalitas

Purwadi dalam Latuheru (1997), menyatakan bahwa berdasarkan tingkat keparahannya, manusia sebagai korban kecelakaan lalu lintas, dapat dibedakan dalam 3 (tiga) kategori yaitu; meninggal dunia, luka berat dan luka ringan. Sedangkan besarnya biaya kecelakaan / unit diestimasi dengan memperhatikan faktor kehilangan pendapatan, biaya rumah sakit, kerusakan kendaraan dan penyidikan kecelakaan.

Jumlah kecelakaan yang diprediksi adalah jumlah kecelakaan yang mungkin akan terjadi akibat adanya konflik-konflik yang terkait dengan jumlah kendaraan terhenti (*number of stop vehicles/nsv*). Jumlah kecelakaan tersebut selanjutnya diprediksi berdasarkan formula :

$$N_{asv} = P_{svc} \times IAR \times N_{sv} \dots\dots\dots ( 12 )$$



Keterangan :

N<sub>ASv</sub> = jumlah kecelakaan yang diakibatkan oleh konflik kendaraan yang terhenti.

P<sub>svc</sub> = Probabilitas konflik kendaraan yang terhenti yang mengakibatkan kecelakaan ( % )

IAR = Angka kecelakaan simpang bersinyal kcl / kend )

N<sub>sv</sub> = Jumlah kendaraan terhenti

#### 2.14. Komponen Biaya Investasi Dalam Implementasi Jaringan Persimpangan Bersinyal Terkoordinasi

Untuk menerapkan program sinyal terkoordinasi pada suatu skema manajemen dan rekayasa lalu lintas, biaya yang diperlukan untuk implementasinya terdiri atas:

2.14.1. *Biaya konstruksi*, yaitu alokasi anggaran yang diperlukan untuk membuat marka-marka dan rambu yang diperlukan sehubungan dengan aspek pengaturan dan pengendalian simpang dengan menggunakan sinyal APILL yang terkoordinasi, seperti marka stop, marka garis, rambu batas kecepatan dsb.

2.14.2. *Biaya pemeliharaan*, yaitu biaya pemeliharaan dan perawatan APILL selama 1 (satu) tahun anggaran.

#### 2.15. Penilaian Investasi

Suad Husnan (1998), menyatakan bahwa penilaian untuk melihat layak atau tidaknya suatu investasi, dapat dilakukan melalui beberapa kriteria investasi, yang meliputi antara lain :

##### 2.15.1. *Net Present Value (NPV)*

Kriteria investasi NPV digunakan untuk menghitung selisih antara nilai investasi sekarang dengan

nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang tersebut, perlu ditentukan terlebih dahulu tingkat bunga yang berlaku. Apabila nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang lebih besar dari nilai investasi saat ini, maka investasi dapat dikatakan layak atau investasi dapat diterima, sedangkan jika sebaliknya apabila nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang lebih kecil dari nilai investasi saat ini, maka investasi dikatakan tidak layak atau investasi ditolak.

Rumus yang digunakan untuk menghitung *NPV*, adalah sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots ( 13 )$$

Keterangan :

$B_t$  = Manfaat kotor pada tahun ke- $t$

$C_t$  = Biaya kotor pada tahun ke- $t$

$N$  = Umur ekonomis

$I$  = Tingkat suku bunga

#### 2.15.2. *Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio)*

*Net benefit cost ratio* adalah perbandingan antara total manfaat (*benefit*) bersih dengan total biaya (*cost*) bersih yang telah dinilai sekarang (*present value*). Suatu investasi diterima jika *Net B/C ratio*  $> 1$ , dan sebaliknya investasi ditolak jika *Net B/C ratio*  $< 1$ . Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Net B/C Ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} (B_t - C_t - K_t > 0)}{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} (B_t - C_t - K_t > 0)} \dots\dots\dots ( 14 )$$

### 2.15.3. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah *discount rate* yang dapat membuat besarnya NPV suatu investasi sama dengan 0 (nol), atau yang dapat membuat *B/C ratio* = 1.

Rumus untuk mencari IRR adalah sebagai berikut :

$$\text{IRR} = i' + \frac{\text{NPV}'}{\text{NPV}' - \text{NPV}''} (i'' - i') \dots\dots\dots ( 15 )$$

dengan :

$i'$  = *Discount rate* yang tertinggi

$i''$  = *Discount rate* yang terendah

$\text{NPV}'$  = NPV yang mempunyai nilai positif

$\text{NPV}''$  = NPV yang mempunyai nilai negatif

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1. Kerangka Umum Pendekatan

Dalam penelitian ini untuk melihat sampai sejauh mana langkah-langkah yang akan dilakukan guna mencapai tujuan, maka dalam metodologi ini secara ringkas adalah dapat diuraikan sebagai berikut :

Melakukan pengolahan dan kajian dari data primer yang terdiri atas data survai lalu lintas berupa survai waktu perjalanan, survai geometrik simpang, survai okupansi kendaraan, survai gerakan membelok, survai jumlah antrian dan survai sistem sinyal serta survai pendapatan pengguna jalan.

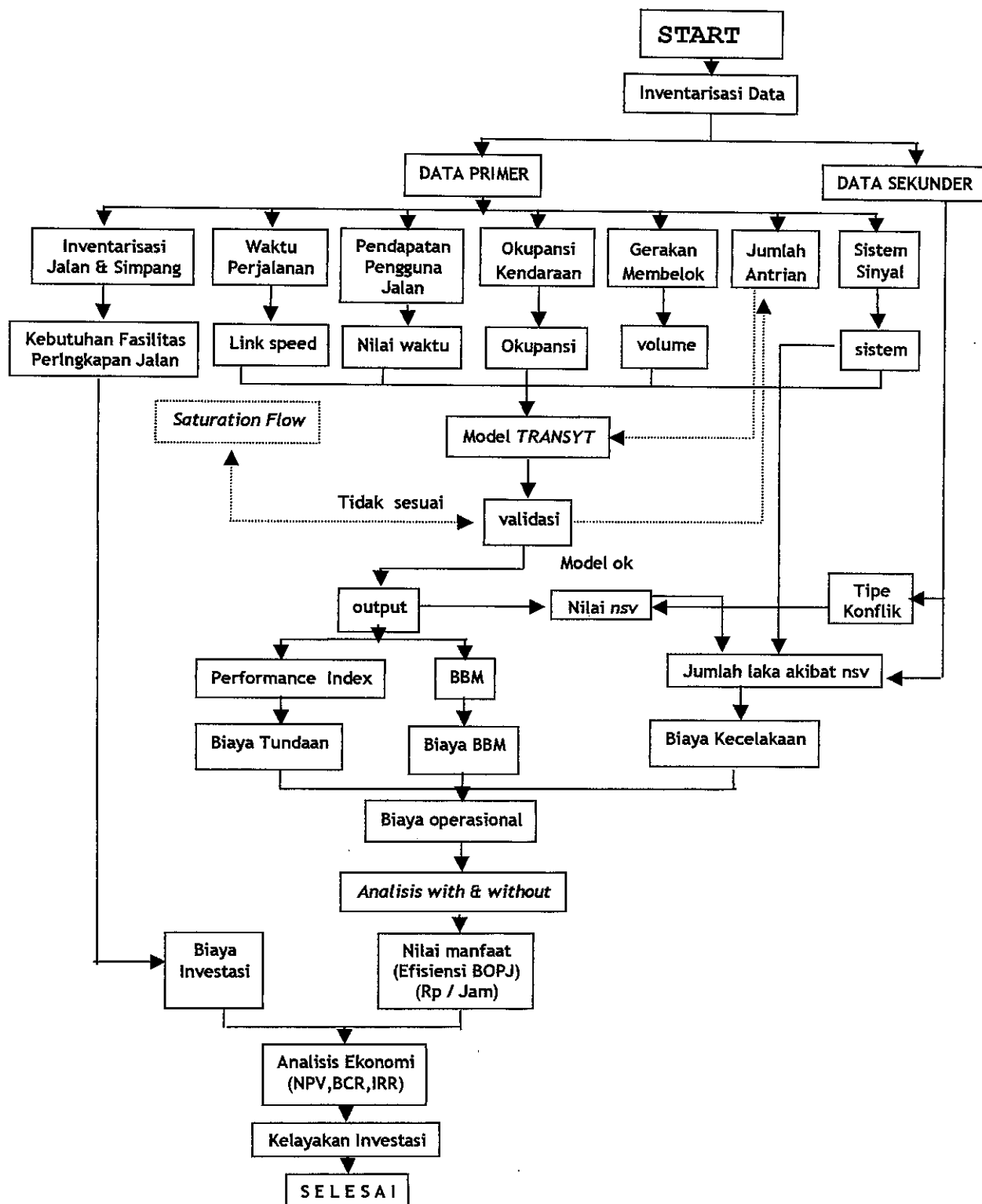
Selanjutnya dalam melakukan suatu simulasi pemodelan lalu lintas yang akan dipergunakan untuk kajian kinerja lalu lintas dalam skala jaringan jalan pada daerah penelitian, adalah dengan menggunakan perangkat lunak model *Transyt/9*.

Hasil dari pengolahan data primer tersebut akan dijadikan masukan dalam program *Transyt/9* yang akan menghasilkan output performance index guna perhitungan biaya tundaan dan biaya bahan bakar.

Sedangkan nilai *NSV (Number Stop Of Vehicle)* akan dipergunakan untuk melakukan perhitungan biaya biaya kecelakaan. Jumlah dari biaya tundaan, biaya bahan bakar dan biaya kecelakaan adalah merupakan biaya operasional setiap kendaraan pada saat melintasi seluruh jaringan jalan pada daerah penelitian.

Dari biaya operasional tersebut dilakukan suatu analisis lebih lanjut akan nilai manfaatnya, yaitu dengan membandingkan biaya investasi yang akan ditanamkan untuk mengetahui layak atau tidaknya investasi tersebut.

Adapun Bagan Alir Penelitian ini, secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 3.1. berikut ini :



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

### 3.1.1. Metode Analisis Biaya Tundaan

Dalam program *Transyt/9* biaya tundaan adalah merupakan hasil dari *running transyt*, dimana sebelumnya terlebih dahulu dengan menentukan besaran nilai waktu pada daerah penelitian.

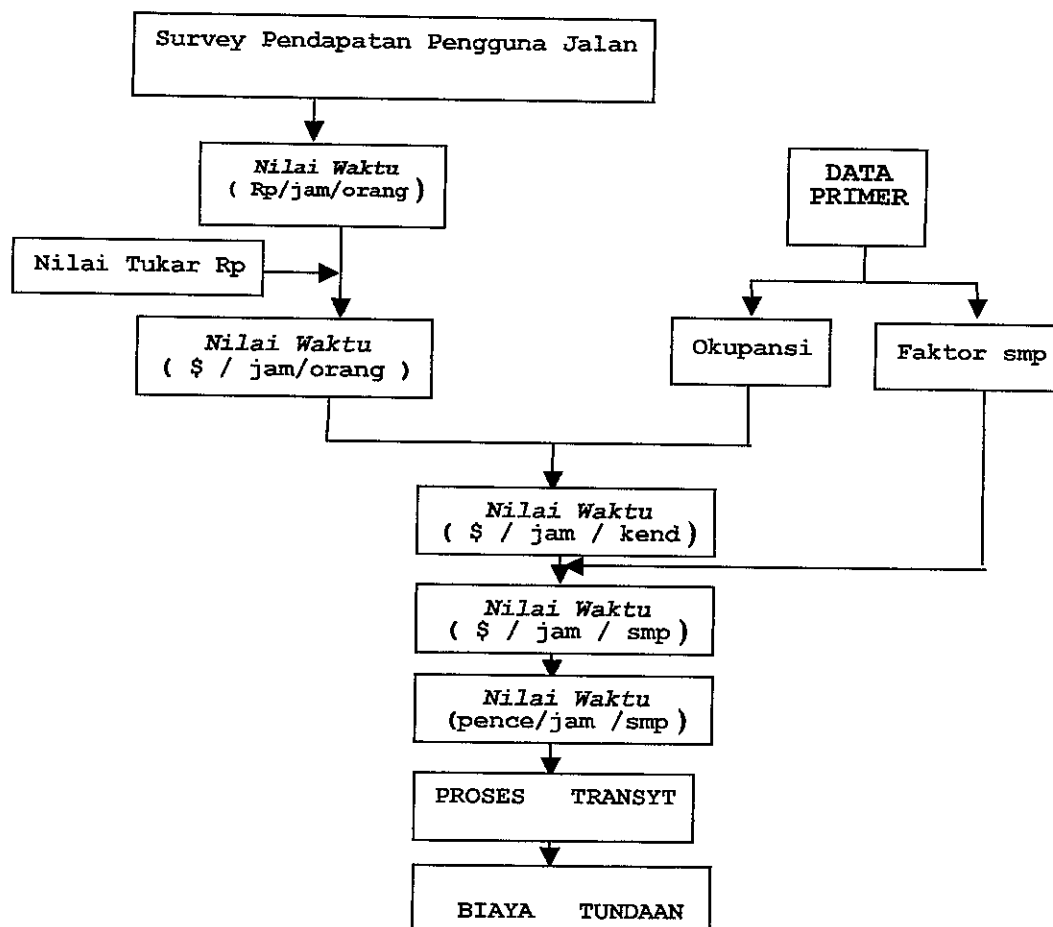
Untuk mendapatkan besaran nilai waktu yang akurat dari para pengguna jalan, maka dilakukan survey pendapatan para pengguna jalan pada daerah penelitian yang dalam hal ini lokasi pengambilan sampelnya ditetapkan pada ruas yang mempunyai volume lalu lintas tertinggi (ruas 96).

Sebagaimana telah diuraikan pada Bab II terdahulu, ada beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk menentukan nilai waktu.

Dalam penelitian ini untuk menentukan nilai waktu dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode *Income Aproach*, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Data primer (survai lapangan) yang akan diperoleh melalui survai pendapatan pengguna jalan, akan dapat mengakomodir adanya variasi tingkat pendapatan dari para pengguna jalan yang berasal dari kota Tegal itu sendiri maupun pengguna jalan dari luar kota Tegal;
- b. Pengumpulan data dengan menggunakan metode ini relatif lebih mudah dan murah bila dibandingkan dengan metode lainnya;
- c. Adanya berbagai keterbatasan sumber daya yang ada pada penulis baik yang menyangkut biaya, waktu, maupun tenaga;
- d. Dalam melakukan kompilasi data relatif lebih cepat bila dibandingkan dengan menggunakan metode yang lainnya.

Besaran nilai waktu pengguna jalan yang diperoleh dari survey pendapatan pengguna jalan pada daerah penelitian (Rp/jam/orang) dan besaran okupansi kendaraan (orang/kendaraan) dari hasil survai serta faktor smp-nya, merupakan masukan yang diperlukan dalam pengolahan program *Transyt*. Dari hasil perhitungan biaya tundaan masing-masing link yang masuk simpang, maka akan diperoleh suatu nilai total biaya tundaan untuk seluruh jaringan dalam satuan \$/jam. Biaya tundaan ini merupakan fungsi dari besarnya unit nilai waktu untuk saat sekarang. Bagan alir Metode Analisis Biaya Tundaan gambar 3.2. berikut ini :



Gambar 3.2. Bagan Alir Metode Analisis Biaya Tundaan

### 3.1.2. Metode Analisis Biaya Bahan Bakar

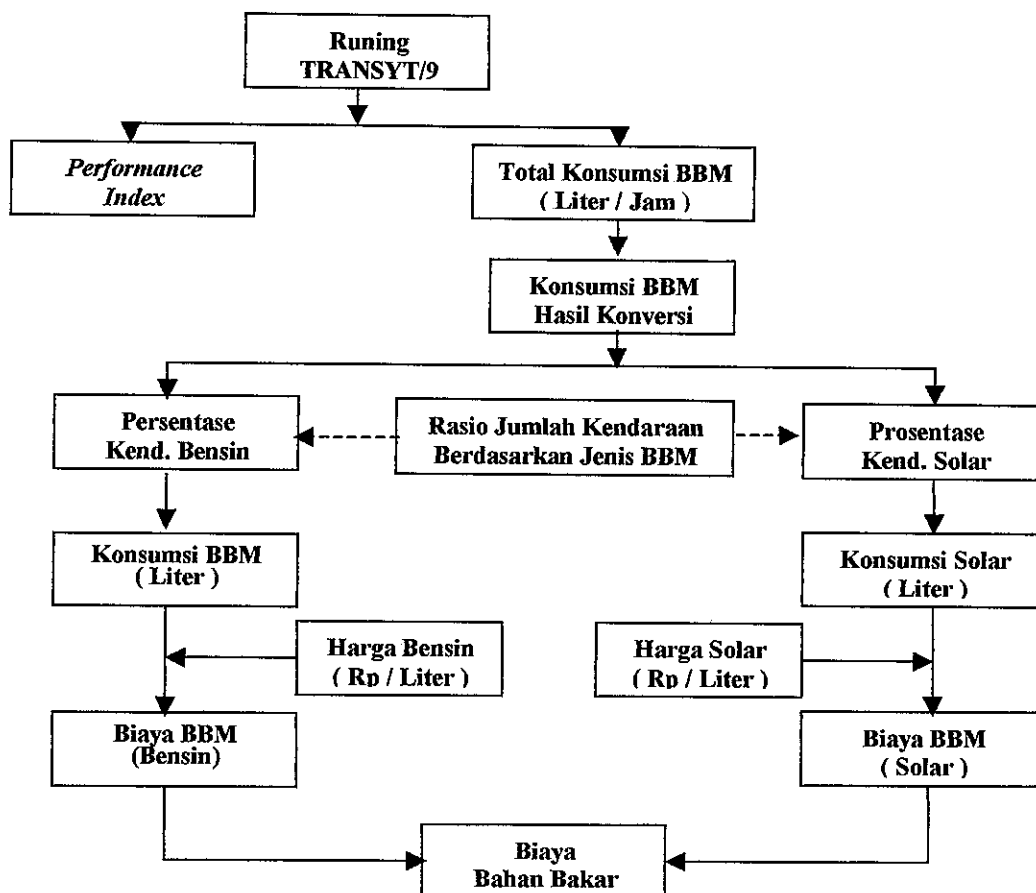
Program *Transyt/9* ini menyediakan fasilitas yang akan menghitung pemakaian bahan bakar untuk masing-masing ruas dalam jaringan jalan yang diteliti. Dari hasil penjumlahan pemakaian bahan bakar pada masing-masing ruas maka akan didapatkan total konsumsi bahan bakar selama satu jam dalam satuan liter/jam untuk seluruh jaringan.

Mengingat adanya perbedaan berbagai jenis kendaraan bermotor yang dipergunakan, tentunya tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar juga mengalami perbedaan. Oleh karena itu perlu dilakukan estimasi tingkat penggunaan bahan bakar pada masing-masing jenis kendaraan, sehingga didapatkan faktor konversinya. Kemudian berdasarkan rasio jumlah kendaraan dalam penggunaan jenis bahan bakar akan diperoleh prosentase yang menggunakan bahan bakar bensin dan prosentase yang menggunakan bahan bakar solar. Dari hasil prosentase pada jenis kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin dan prosentase jenis kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar, maka akan didapatkan konsumsi penggunaan bahan bakar bensin maupun konsumsi penggunaan bahan bakar solar dalam satuan liter.

Kemudian hasil dari masing-masing konsumsi penggunaan bahan bakar tersebut dikalikan dengan harga masing-masing jenis bahan bakar (Rp/liter), sehingga akan didapatkan biaya bahan bakar.

Pada Gambar 3.3. berikut ini dapat dilihat bagan alir Metode Analisis Biaya Bahan Bakar.

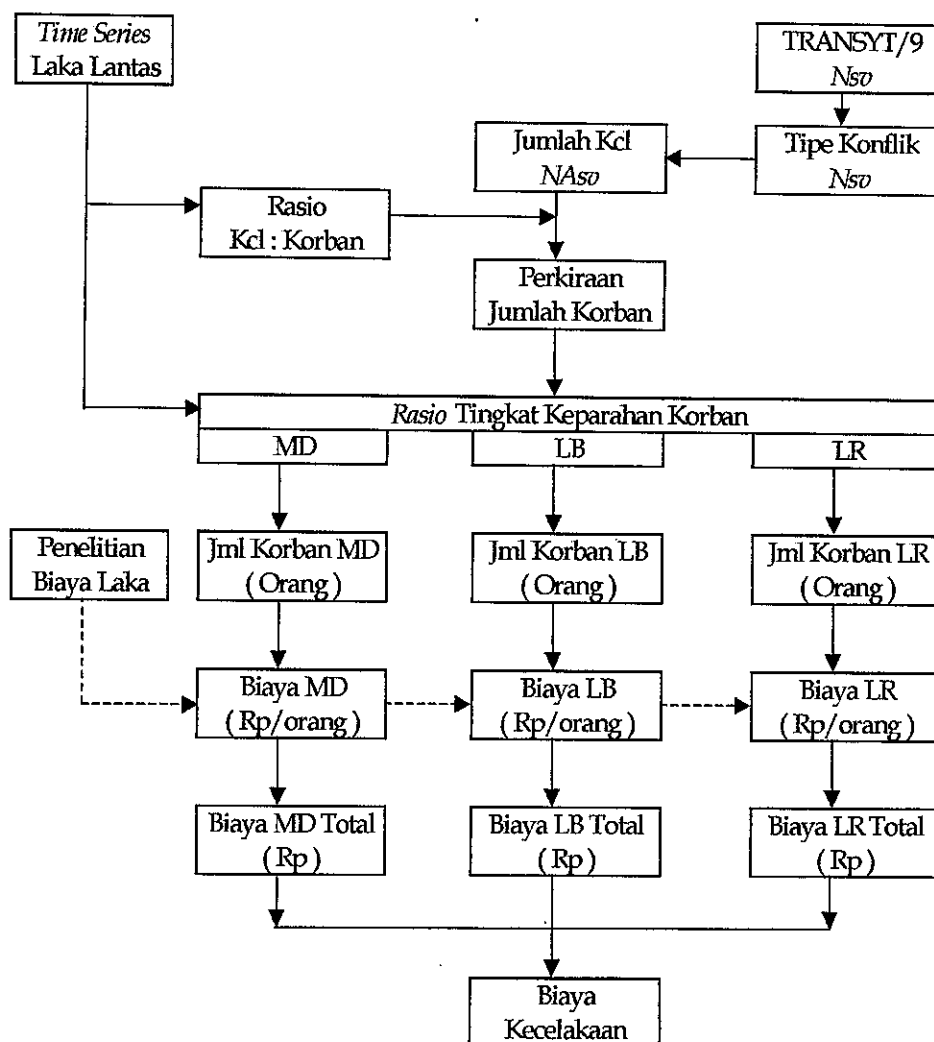




Gambar 3.3. Metode Analisis Biaya Bahan Bakar

### 3.1.3. Metode Analisis Biaya Kecelakaan

Proses analisis biaya kecelakaan tidak terdapat dalam TRANSYT, sehingga dilakukan secara manual. Biaya kecelakaan diperoleh dengan mengalikan jumlah kecelakaan dengan biaya kecelakaan/unit untuk korban meninggal dunia, luka berat dan luka ringan. Jumlah kecelakaan yang diprediksi adalah jumlah kecelakaan yang terjadi akibat jenis-jenis konflik yang terkait dengan jumlah kendaraan terhenti. Pada Gambar 3.4. berikut ini adalah Bagan Alir Metode Analisis Biaya Kecelakaan Lalu Lintas :



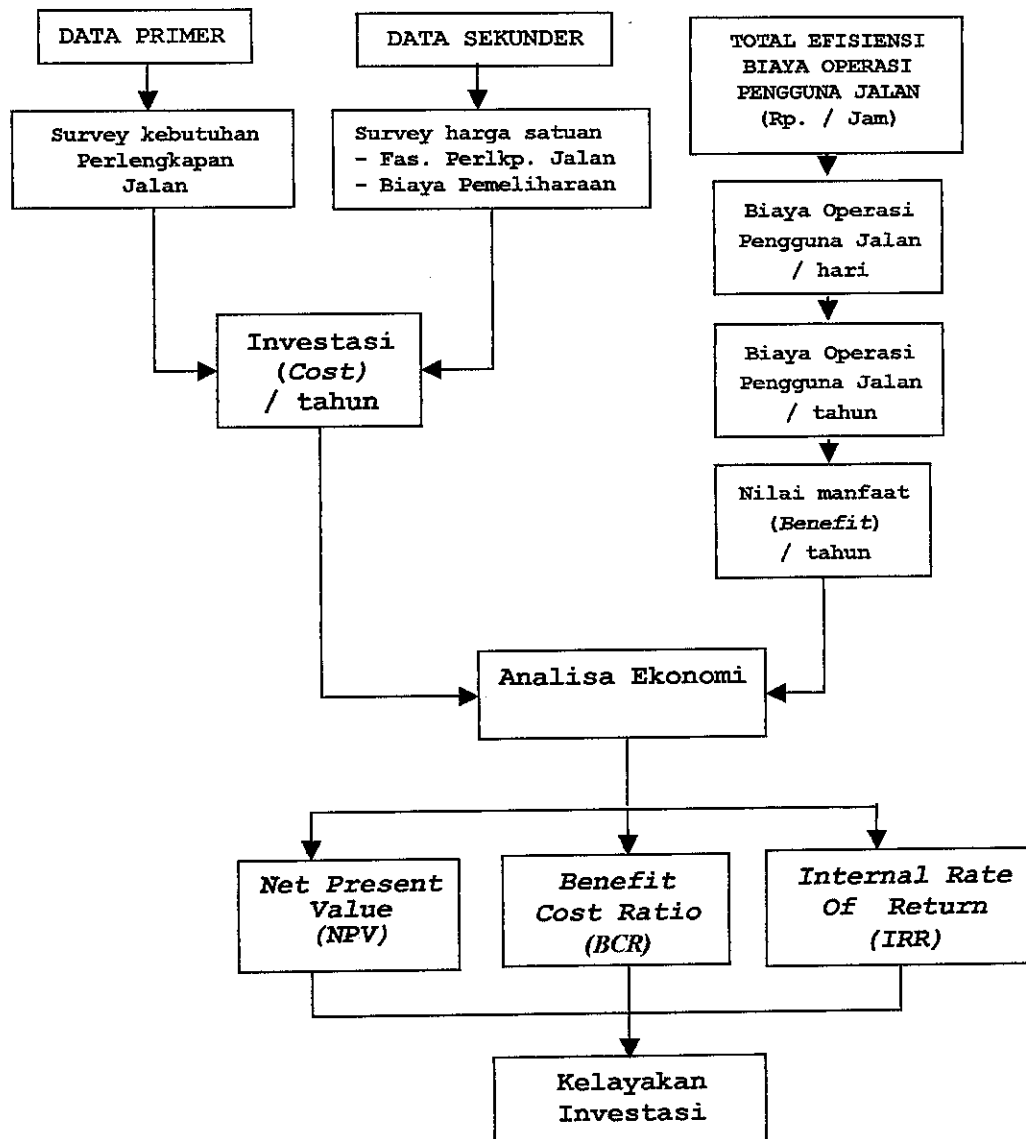
Gambar 3.4.

## Metode Analisis Biaya Kecelakaan

## 3.1.4. Metode Analisis Ekonomi

Sebagaimana diketahui bahwa dalam rangka kegiatan pelaksanaan manajemen lalu lintas yang dilakukan melalui optimalisasi penerapan pemasangan sinyal lalu lintas yang dikoordinasikan pada beberapa simpang, maka harus mempunyai nilaimanfaat dan sepadan dengan investasi yang ditanamkan.

Oleh karena itu untuk mengetahui kelayakan investasi yang telah ditanamkan terhadap manfaatnya, maka perludilakukan suatu analisis ekonomi dengan menggunakan 3 (tiga) parameter utama yaitu *Net Present Value (NPV)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)* dan *Internal Rate Of Return (IRR)*. Pada Gambar 3.5. berikut ini ditampilkan Metode Analisis Ekonomi :



Gambar 3.5. Analisis Ekonomi

### 3.2. Skema Penanganan

Dengan pertimbangan bahwa arus lalu lintas tidak bersifat konstan, maka besarnya arus lalu lintas pada jam sibuk pagi, siang dan sore hari sangat mungkin terdapat perbedaan.

Untuk mengetahui pola distribusi arus masing-masing pada jam sibuk tersebut, maka simulasi pada model transyt dilakukan berdasarkan volume ketiga jam sibuk tersebut yaitu jam sibuk pagi, siang dan sore hari.

Selanjutnya skenario simulasi sistem sinyal dilakukan berdasarkan pada jam sibuk tersebut.

Skenario dimaksud adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Skenario Simulasi Sistem Sinyal

Skenario	Kondisi	Sistem Sinyal
I A	Jam sibuk pagi	Terisolasi
I B	Jam sibuk pagi	Terkoordinasi
II A	Jam sibuk siang	Terisolasi
II B	Jam sibuk siang	Terkoordinasi
III A	Jam sibuk sore	Terisolasi
III B	Jam sibuk sore	Terkoordinasi

### 3.3. Alat Bantu Survai Dan Penentuan Lokasi Survai

Secara umum dalam melakukan survai data primer di lapangan, dimana untuk pelaksanaan kegiatan tersebut diperlukan persiapan-persiapan sebagai berikut :

#### 3.3.1. Alat Bantu Survai

Dalam penelitian ini diperlukan alat bantu sebagai berikut :

- a. *counter*, untuk survai *turning movement*, jumlah antrian dan okupansi kendaraan;

- b. pita ukur/meteran untuk mengukur geometrik simpang;
- c. mobil penumpang, sebagai kendaraan survey waktu perjalanan;
- d. *stopwatch*, untuk survai waktu perjalanan dan mengukur durasi sinyal;
- e. seperangkat komputer dengan software standar *MS Office*;
- f. program aplikasi komputer *TRANSYT*;
- g. alat tulis, formulir survai, *clipboard* dan alat bantu lainnya yang diperlukan.

### 3.3.2. Penentuan Lokasi Survai

Lokasi survai ditentukan pada koridor utama Kota Tegal, yaitu pada 6 (enam) simpang lalu lintas bersinyal dan 3 (tiga) simpang lalu lintas tak bersinyal sebagai berikut :

- a. Simpang Maya (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Sutomo, Jl.Sutoyo, Jl.Soedibyo, dan Jl.Soegiono);
- b. Simpang Palapa (simpang tak bersinyal), pertemuan antara Jl.Sutoyo dan Jl.Merpati;
- c. Simpang Gajahmada (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Gajahmada, Jl.Sudirman dan Jl.Sutoyo;
- d. Simpang Sutomo (simpang tak bersinyal), pertemuan antara Jl.Gajahmada dan Jl.Sutomo;
- e. Simpang Dana (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Gajahmada dan Jl.Cokroaminoto;
- f. Simpang Pasar Sore (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Gajahmada, Jl.Panjaitan dan Jl.Suprpto;

- g. Simpang Gudang Garam (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Gajahmada, Jl.Proklamasi dan Jl.S.Parman;
- h. Simpang Laguna (simpang tak bersinyal), pertemuan antara Jl.Martoloyo, Jl.Panggung Timur dan Jl.Yos Sudarso;
- i. Simpang Martoloyo (simpang bersinyal), pertemuan antara Jl.Martoloyo, Jl.Flores, Jl.Serayu dan Jl.Perintis Kemerdekaan).

### 3.4. Metode Survai

Penelitian dilaksanakan dengan mengacu kepada bagan alir metodologi studi sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1. Berdasarkan bagan alir tersebut, maka studi dimulai dengan inventarisasi data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer berupa data-data lalu lintas dilakukan dengan berpedoman kepada MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997). Adapun survai-survai data primer yang dilakukan adalah meliputi survai inventarisasi jalan dan simpang, survai waktu perjalanan, survai pendapatan pengguna jalan, survai okupansi kendaraan, survai gerakan membelok (*turning movement*), survai jumlah antrian pada persimpangan dan survai sistem sinyal.

Adapun tujuan dan cara pelaksanaan masing-masing survai adalah sebagai berikut :

3.4.1. Survai waktu perjalanan dilakukan untuk memperoleh waktu tempuh tiap ruas yang selanjutnya akan dikonversi menjadi data kecepatan ruas dengan bantuan data panjang ruas. Survai ini dilakukan oleh 3 (tiga) orang tenaga survai dengan menggunakan mobil penumpang. Tenaga survai I

bertugas mengemudikan kendaraan, tenaga survai II merekam waktu tempuh menggunakan *stopwatch*, sedangkan tenaga survai III mencatat waktu pada formulir survai yang telah disediakan. Waktu yang dicatat adalah waktu mulai, waktu berhenti karena sinyal atau penyebab lainnya dan waktu selesai. Selanjutnya waktu perjalanan tersebut akan digunakan untuk menghitung kecepatan perjalanan, yang diperlukan pada proses input data dalam *TRANSYT/9*. Survai waktu perjalanan ini dilaksanakan pada hari Senin tanggal 5 Januari 2004.

#### 3.4.2. *Survai Inventarisasi Jalan dan Simpang*

Survai Inventarisasi Jalan dilakukan untuk memperoleh data kebutuhan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka penerapan sinyal lalu lintas terkoordinasi yang meliputi kebutuhan lampu lalu lintas, rambu termasuk rambu pendahulu petunjuk jurusan (RPPJ) dan marka jalan.

Sedangkan survai simpang dilakukan untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kapasitas ruas. Survai ini dibagi dalam 2 kelompok tenaga survai, dimana tenaga survai kelompok I bertugas menggambar *layout* kebutuhan fasilitas perlengkapan jalan dan *layout* simpang sedangkan tenaga survai kelompok II adalah bertugas menginventarisasi kebutuhan fasilitas perlengkapan jalan dan mengukur dimensi simpang dengan meteran/pita ukur. Hasil pengukuran dicatat pada formulir yang telah disediakan sebelumnya. Survai ini dilakukan pada semua simpang yang akan

diteliti dan dilaksanakan pada saat lalu lintas sepi, yaitu hari minggu 4 Januari 2004 sekitar pukul 22.00 WIB untuk menghindari konflik dengan arus lalu lintas saat dilakukan pengukuran.

3.4.3. *Survai okupansi kendaraan* dilakukan untuk memperoleh data tingkat pengisian kendaraan rata-rata dalam satuan orang yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai waktu per kendaraan. Survai ini dilakukan oleh 4 (empat) orang tenaga survai. Tenaga survai I bertugas mencacah jumlah orang yang diangkut oleh kendaraan bermotor untuk jenis sepeda motor, surveyor II mobil penumpang (mobil pribadi dan angkutan umum), surveyor III jenis bus dan kendaraan tak bermotor, sedangkan surveyor IV kendaraan barang. Survai dilakukan pada saat sinyal merah, dimana saat itu kendaraan dalam kondisi berhenti/antri, sehingga pendataan okupansi dapat lebih akurat. Untuk kegiatan Survai Okupansi kendaraan ini dilaksanakan pada hari Senin tanggal 12 Januari 2004.

3.4.4. *Survai turning movement*, dilakukan untuk memperoleh data arus lalu lintas yang berangkat dari tiap-tiap lengan simpang untuk masing-masing arah pergerakan yaitu lalu lintas belok kiri, lalu lintas lurus dan lalu lintas belok kanan. Survai ini dilakukan oleh 6-12 orang tenaga survai di tiap simpang. Setiap tenaga survai mencacah data lalu lintas simpang dengan menggunakan counter selama 1 (satu) jam sibuk yang telah ditetapkan sebelumnya. Mengingat keterbatasan alat



yang dibutuhkan, maka survai dilakukan dalam beberapa hari.

Pada pelaksanaan kegiatan survai ini arus lalu lintas atau kendaraan diklasifikasikan berdasarkan jenisnya sesuai standar yang telah ditetapkan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia yang terdiri dari mobil penumpang, kendaraan berat / bus dan truk, sepeda motor dan kendaraan tak bermotor. Jadwal pelaksanaan kegiatan survai lapangan sebagaimana Tabel 3.2. berikut ini :

Tabel 3.2.  
Jadwal Survai *Turning Movement*

Hari	Tanggal	Lokasi Survai	Jenis Simpang
Selasa	6-01-2004	Simpang Maya	Bersinyal
		Simpang Palapa	Tdk Bersinyal
Rabu	7-01-2004	Simpang Gajahmada	Bersinyal
		Simpang Sutomo	Tdk Bersinyal
Kamis	8-01-2004	Simpang Dana	Bersinyal
		Simpang Laguna	Tdk Bersinyal
Jum'at	9-01-2004	Simpang Ps. Sore	Bersinyal
Sabtu	10-01-2004	Simpang Gdg Garam	Bersinyal
Minggu	11-01-2004	Simpang Martoloyo	Bersinyal

3.4.5. Survai jumlah antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur-lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah. Survai ini dilakukan oleh 2 (dua) orang tenaga survai. Tenaga survai I bertugas mencacah jumlah kendaraan yang antri untuk jenis sepeda motor dan kendaraan berat, sedangkan tenaga survai II bertugas mencacah jumlah kendaraan yang antri untuk jenis mobil penumpang dan kendaraan tak bermotor.

Survai dilakukan pada waktu selama sinyal merah maupun pada permulaan sinyal hijau dan pendataan dilakukan minimal sebanyak 10 (sepuluh) kali. Survai ini dilakukan untuk memperoleh jumlah antrian observasi (dalam satuan smp), yang akan digunakan sebagai pembanding pada proses validasi model. Dalam melakukan survai jumlah antrian ini pelaksanaannya bersamaan dengan survai *turning movement*, yaitu pada tanggal 6 - 11 Januari 2004.

3.4.6. *Survai sistem sinyal* dilakukan untuk memperoleh data waktu/sistem operasi yang mengatur pergantian pergerakan kendaraan yang masuk simpang. Survai ini dilakukan oleh 2 (dua) orang tenaga survai di tiap simpang. Tenaga survai mendata jumlah, bentuk dan urutan fase serta durasi waktu siklus yang terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu hijau, kuning dan merah. Pengukuran waktu siklus (dalam detik) dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*, kemudian dicatat pada formulir survai yang telah disiapkan sebelumnya. Untuk memperoleh keakuratan data siklus, maka pengamatan diulang sampai 3 (tiga) kali pada setiap lengan simpang. Survai ini dilaksanakan pada tanggal 13 Januari 2004.

#### 3.4.7. *Survai Pendapatan Pengguna jalan*

Survai pendapatan pengguna jalan ini dilakukan dengan cara melakukan wawancara kepada para responden yang melewati sepanjang ruas jalan pada lokasi penelitian, yaitu yang menggunakan kendaraan jenis mobil penumpang, sepeda motor, mobil bus, truk dan kendaraan tidak bermotor.

Adapun teknis pelaksanaannya adalah kendaraan yang akan dipilih sebagai sampel survai diberhentikan oleh petugas, kemudian diarahkan ketepi jalan yang telah ditentukan untuk dilakukan wawancara. Selanjutnya Surveyor melakukan wawancara dan mencatat hasilnya pada formulir survai yang telah disediakan. Sebelum ukuran sampel ditentukan dan apabila nilai varian sulit diketahui, maka terlebih dahulu perlu dilakukan survai pendahuluan.

Survai pendahuluan ini diperlukan untuk dapat mengetahui/mencari besarnya nilai Standar Deviasi (SD) dan Varian dari sampel. Jumlah sampel yang diambil adalah sampel berukuran kecil ( $< 30$  data), dimana dalam survai pendahuluan ini ditetapkan jumlah sampel kecil untuk masing-masing jenis kendaraan adalah sebagai berikut :

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Sampel Kecil
1.	Sepeda Motor	20
2.	Mobil Penumpang	20
3.	Mobil Bus	5
4.	Truk	5
5.	Kendaraan Tak Bermotor	20
	TOTAL	70

Apabila berdasarkan formula yang digunakan diperoleh ukuran sampel ternyata lebih besar daripada sampel yang telah diambil pada survai tahap pendahuluan (penjajagan), maka kekurangan unitnya harus diambil kembali ( ditambah survai ) dari populasi yang sama.

Setelah tahapan pengambilan seluruh unit sampel sampel yang memadai tercapai, maka tahap selanjutnya adalah melakukan observasi terhadap individu-individu sampel yang terpilih dalam kaitannya dengan karakteristik yang diteliti. Setelah itu atas dasar data yang diperoleh, dilakukan pendugaan terhadap parameter populasi yang mana hasilnya akan digunakan untuk mengambil kesimpulan tentang karakteristik populasi yang dihadapi.

Survai ini dilaksanakan pada tanggal 29 April 2004. Untuk mendukung kelancaran dan kecepatan dalam pelaksanaan survai, maka diperlukan tenaga surveyor sebanyak 10 orang, yaitu 5 orang bertugas melakukan survai wawancara kepada responden yang menggunakan kendaraan yang melaju ke arah barat, sedangkan 5 orang bertugas melakukan survai kendaraan yang melaju ke arah timur pada lokasi survai.

Pada kegiatan survai ini masing-masing surveyor melakukan wawancara kepada orang sesuai dengan jenis kendaraan yang digunakannya yaitu pada kendaraan mobil penumpang, sepeda motor, mobil bus, truk dan kendaraan tidak bermotor.

Dalam pelaksanaan survai ini juga melibatkan 4 orang petugas dari Dishub yang masing-masing ditempatkan pada sisi kiri dan kanan jalan lokasi survey, bertugas untuk memberhentikan dan mengarahkan kendaraan ketepi jalan guna kelancaran pelaksanaan survai.

Setelah data diperoleh secara lengkap baik pencapaian jumlah responden/sampel maupun

pengisian kolom-kolom pada formulir survai, maka jumlah pendapatan/bulan (kolom 2 formulir survai) dan jumlah jam kerja/bulan (kolom 5 formulir survai) dilakukan perhitungan nilai rata-rata statistiknya.

Selanjutnya kedua nilai yang telah didapatkan nilai rata-rata statistiknya tersebut digunakan untuk menghitung Nilai Waktu masing-masing jenis kendaraan, yang dilakukan dengan cara membagi rata-rata pendapatan/bulan dengan jumlah jam kerja/bulan.

Setelah Nilai Waktu untuk masing-masing jenis kendaraan diketahui, maka ke 5 (lima) nilai dari masing-masing jenis kendaraan tersebut dijumlahkan, sehingga didapatkan Nilai Waktu pengguna jalan (Rp/jam/orang).

### 3.5. Pengolahan data

Data-data yang diperoleh dari hasil pelaksanaan survai tersebut diatas yaitu data survai sinyal lalu lintas dapat langsung dimasukkan ke dalam program TRANSYT/9, sedangkan data yang harus diolah terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan yang dipersyaratkan dalam program TRANSYT/9 adalah data waktu perjalanan yang akan menghasilkan kecepatan perjalanan, data geometrik simpang yang akan menghasilkan arus jenuh, data okupansi kendaraan yang akan menghasilkan nilai waktu pengguna jalan.

Selanjutnya data-data tersebut diatas dimasukkan kedalam program Transyt/9 melalui *file.dat*. termasuk data nilai waktu untuk *delay* dan *stop*.

Kemudian setelah semua masukan data-data hasil survai tersebut sudah lengkap, maka program *TRANSYT/9* siap dijalankan.

Program Transyt dijalankan dengan pilihan Equisat = 0, dimana keluaran Transyt ini menggambarkan kondisi eksisting sinyal lalu lintas pada persimpangan yang belum dikoordinasikan. Dari hasil pelaksanaan *running* program *TRANSYT/9* ini akan menghasilkan 3 (tiga) *output file* yaitu *file.bak*, *file.lis* dan *file.prt* yang akan memberikan performansi tentang kinerja parameter mobilitas, besarnya biaya tundaan dan jumlah konsumsi bahan bakar.

Kemudian program Transyt/9 ini dijalankan kembali dengan menggunakan pilihan Equisat = 2, dimana Transyt melakukan koordinasi *setting* sinyal lalu lintas antar persimpangan.

Dari hasil *running* Transyt sinyal lalu lintas kondisi eksisting kemudian dibandingkan dengan hasil *running* Transyt sinyal lalu lintas yang sudah dikoordinasikan, maka akan dianalisis unjuk kerjanya. Diharapkan hasil dari penerapan sinyal lalu lintas terkoordinasi akan lebih baik bila dibandingkan dengan penerapan sinyal terisolasi, dimana nilai manfaat yang diperoleh tersebut akan dianalisis lebih lanjut dengan investasi yang akan ditanamkan.

UPT-PUSTAK-UNDIP



Sedangkan panjang marka median adalah 3.482 meter dengan lebar 0,12 meter sehingga luasnya 418 meter<sup>2</sup>, marka simpang panjang 50 meter dengan lebar 0,12 meter sehingga luasnya 204 meter<sup>2</sup>. Dengan demikian data panjang marka median dan marka simpang dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1. Panjang Marka median, Marka Simpang dan Luasnya

Marka Median			Marka Simpang				Total
Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m2)	Panjang (m) Lajur Antri = 2X20m	Lebar (m)	Jumlah Lengan	Luas (m2)	Kebutuhan  Marka (m2)
			Stop Line = 1X10m				
3482	0.12	418	50	0.12	34	204	622

#### 4.1.2. Kecepatan Perjalanan

Survai waktu perjalanan dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran mengenai keadaan kecepatan lalu lintas rata-rata saat itu. Kecepatan rata-rata lalu lintas ini digunakan sebagai masukan untuk membandingkan kinerja lalu lintas pada saat ini (sinyal lalu lintas terioslasi) dengan setelah pemanfaatan sinyal lalu lintas terkoordinasi, dengan menggunakan program TRANSYT/9. Hasil dari survey waktu perjalanan adalah dapat dilihat pada Lampiran 1.

Sedangkan untuk mengetahui kecepatan perjalanan pada masing-masing ruas, didapatkan dengan melakukan perhitungan waktu perjalanan dan panjang masing-masing ruas.

Adapun hasil dari pengolahan data kecepatan perjalanan pada masing-masing ruas tersebut, adalah dapat dilihat pada Tabel 4.2. berikut ini :



Tabel 4.2.  
Kecepatan Perjalanan Ruas

Ruas	Pada Daerah :	Panjang (m)	Waktu tempuh pada run (detik)					Waktu rata-rata (detik)	Kecepatan	
			1	2	3	4	5		m/det	km/jam
1	11	200	25	27	21	25	22	24.0	8.3	30.00
	12	200	25	27	21	25	22	24.0	8.3	30.00
	13	350	45	50	49	45	41	46.0	7.6	27.39
	14	350	45	50	49	45	41	46.0	7.6	27.39
	15	200	26	21	24	24	25	24.0	8.3	30.00
	16	200	26	21	24	24	25	24.0	8.3	30.00
	17	200	24	27	22	26	21	24.0	8.3	30.00
	18	200	24	27	22	26	21	24.0	8.3	30.00
2	21	112	14	15	12	15	13	13.8	8.1	29.22
	22	200	22	25	21	27	25	24.0	8.3	30.00
	23	350	49	50	45	44	45	46.6	7.5	27.04
3	31	280	28	29	32	28	27	28.8	9.7	35.00
	32	280	28	29	32	28	27	28.8	9.7	35.00
	33	200	26	24	24	25	21	24.0	8.3	30.00
	34	200	26	24	24	25	21	24.0	8.3	30.00
	35	112	15	12	14	13	15	13.8	8.1	29.22
	36	112	15	12	14	13	15	13.8	8.1	29.22
	41	90	11	12	12	10	11	11.2	8.0	28.93
4	42	280	27	28	28	29	32	28.8	9.7	35.00
	43	200	21	22	25	25	27	24.0	8.3	30.00
5	51	775	81	83	77	80	77	79.6	9.7	35.05
	52	775	81	83	77	80	77	79.6	9.7	35.05
	53	200	27	25	25	21	22	24.0	8.3	30.00
	54	200	27	25	25	21	22	24.0	8.3	30.00
	55	90	10	12	10	13	11	11.2	8.0	28.93
	56	90	10	12	10	13	11	11.2	8.0	28.93
	61	335	39	42	43	37	40	40.2	8.3	30.00
	62	335	39	42	43	37	40	40.2	8.3	30.00
6	63	200	25	21	25	22	27	24.0	8.3	30.00
	64	200	25	21	25	22	27	24.0	8.3	30.00
	65	775	77	80	77	83	81	79.6	9.7	35.05
	66	775	77	80	77	83	81	79.6	9.7	35.05
	67	200	24	22	23	25	26	24.0	8.3	30.00
	68	200	24	22	23	25	26	24.0	8.3	30.00
	71	200	22	23	24	26	25	24	8.3	29.88
	72	200	22	23	24	26	25	24	8.3	29.88
	73	335	37	43	42	39	40	40.2	8.3	30.00
	74	335	37	43	42	39	40	40.2	8.3	30.00
7	75	200	23	25	26	23	23	24	8.3	30.00
	76	200	23	25	25	26	23	24.4	8.3	30.00
	81	890	85	88	83	87	90	86.6	10.3	37.00
	82	200	26	24	26	24	20	24	8.3	30.00
	83	650	64	61	66	63	62	63.2	10.3	37.00
	91	200	19	21	20	23	20	20.6	9.7	36.00
9	92	200	20	23	20	19	21	20.6	9.7	35.00
	93	200	20	23	20	19	21	20.6	9.7	35.00
	94	200	19	23	20	21	20	20.6	9.7	35.00
	95	890	83	85	87	90	88	86.6	10.3	37.00
	96	200	20	20	19	23	21	20.6	9.7	35.00

Sumber : Hasil Pengolahan Data Survei

#### 4.1.3. Okupansi Kendaraan

Survai okupansi kendaraan ini dilakukan terhadap kendaraan bermotor yang melintasi sepanjang daerah penelitian, yang meliputi jenis kendaraan sepeda motor, kendaraan bermotor mobil barang (truk), kendaraan bermotor mobil bus dan kendaraan bermotor mobil penumpang.

Adapun tujuan dari pelaksanaan kegiatan survey okupansi kendaraan bermotor ini adalah dalam rangka mendapatkan data tingkat pengisian kendaraan bermotor rata-rata dalam satuan orang, yang dalam hal ini setelah data survey okupansi tersebut diolah lebih lanjut akan mendapatkan nilai waktu per kendaraan.

Dari hasil pelaksanaan pengolahan data survai okupansi kendaraan bermotor tersebut, maka telah didapatkan hasil bahwa okupansi kendaraan bermotor jenis sepeda motor adalah sebesar 1,8, okupansi kendaraan bermotor jenis mobil barang (truk) adalah sebesar 2,4, okupansi kendaraan bermotor jenis mobil bus adalah sebesar 16,5 dan okupansi bermotor jenis mobil penumpang adalah sebesar 3,1.

Dalam hal ini data okupansi kendaraan bermotor tersebut diatas diperlukan dalam rangka menentukan faktor okupansi rata-rata kendaraan bermotor yang akan dipergunakan untuk menghitung nilai waktu dalam satuan smp, yang selanjutnya merupakan salah satu masukan data yang akan *dirunning* kedalam program Transyt.

Adapun rekapitulasi dari data hasil survai okupansi kendaraan bermotor tersebut, adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.3. berikut ini :

Tabel 4.3. Rekapitulasi Hasil Survei.  
Okupansi Kendaraan

NO. : SAMPel	SEPEDA MOTOR	TRUK	BUS	MOBIL PENUMPANG
1	2	3	16	3
2	2	3	15	4
3	1	3	20	3
4	2	3	25	5
5	2	3	20	4
6	2	3	22	6
7	2	1	18	1
8	2	1	11	1
9	1	2	15	1
10	1	2	12	1
11	2	2	21	1
12	2	3	21	1
13	2	2	16	1
14	2	3	20	4
15	1	1	19	1
16	2	3	10	6
17	2	1	14	1
18	1	3	10	5
19	2	3	10	8
20	2	2	26	1
21	2	3	10	5
22	2	3	21	1
23	2	3	10	6
24	2	2	23	1
25	2	1	12	4
26	2	3	14	2
27	2	1	24	3
28	1	1	18	3
29	2	2	15	4
30	2	3	16	1
31	1	3	20	9
32	2	3	10	2
33	2	3	30	8
34	1	3	10	3
35	2	3	10	3
36	2	3	18	9
37	2	2	20	7
38	1	2	15	3
39	2	2	15	2
40	2	2	10	1
41	2	3	15	3
42	1	2	20	2
43	2	2	20	1
44	2	2	10	1
45	2	2	20	2
46	1	2	10	3
47	2	3	20	1
Rata2	1.8	2.4	16.5	3.1

Sumber : Hasil Pengolahan Data

#### 4.1.4. Volume Lalu Lintas

Survai Volume lalu lintas gerakan membelok (*turnning movement*) ini dilakukan di ruas jalan dan persimpangan pada daerah penelitian yang terdiri dari 49 (empat puluh sembilan) ruas, dimana dalam hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas pada persimpangan berdasarkan volume lalu lintas terklasifikasi yang mencakup jenis kendaraan dan arah gerakan kendaraan.

Dalam hal ini pelaksanaan kegiatan survai pada daerah penelitian dilakukan pada waktu jam sibuk pagi hari, jam sibuk siang hari dan jam sibuk sore hari.

Dalam pelaksanaan survai ini arus lalu lintas dari tiap jenis kendaraan yang melewati pada masing-masing persimpangan selanjutnya diklasifikasikan menurut jenisnya dengan menggunakan standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Adapun klasifikasi kendaraan bermotor yang disurvei pada daerah penelitian ini adalah terdiri dari kendaraan ringan/mobil penumpang, kendaraan berat/bus dan truk, sepeda motor.

Selanjutnya dari hasil survai gerakan membelok (*turning movment*) pada jaringan jalan yang diteliti tersebut dan kemudian setelah dilakukan pengolahan data, maka didapatkan volume lalu lintas gerakan membelok pada waktu jam sibuk pagi, jam sibuk siang dan jam sibuk sore pada setiap ruas dalam satuan smp/jam.

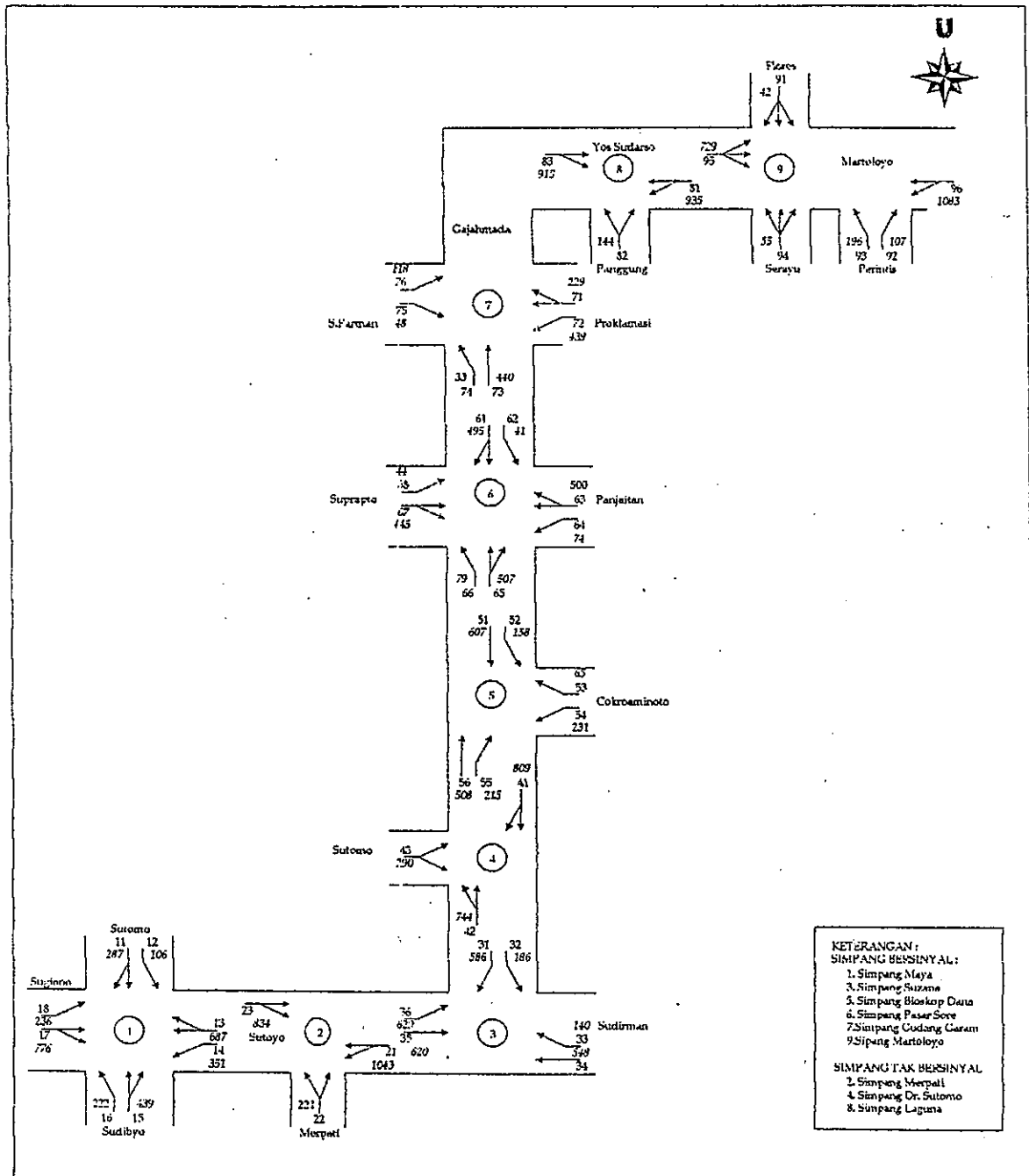
Adapun hasil pengolahan data dari survai volume gerakan membelok dimaksud, adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.4. berikut ini :

Tabel 4.4. Hasil Survai Volume Gerakan Membelok (Smp/Jam)  
Pada Jam Sibuk Pagi, Siang dan Sore

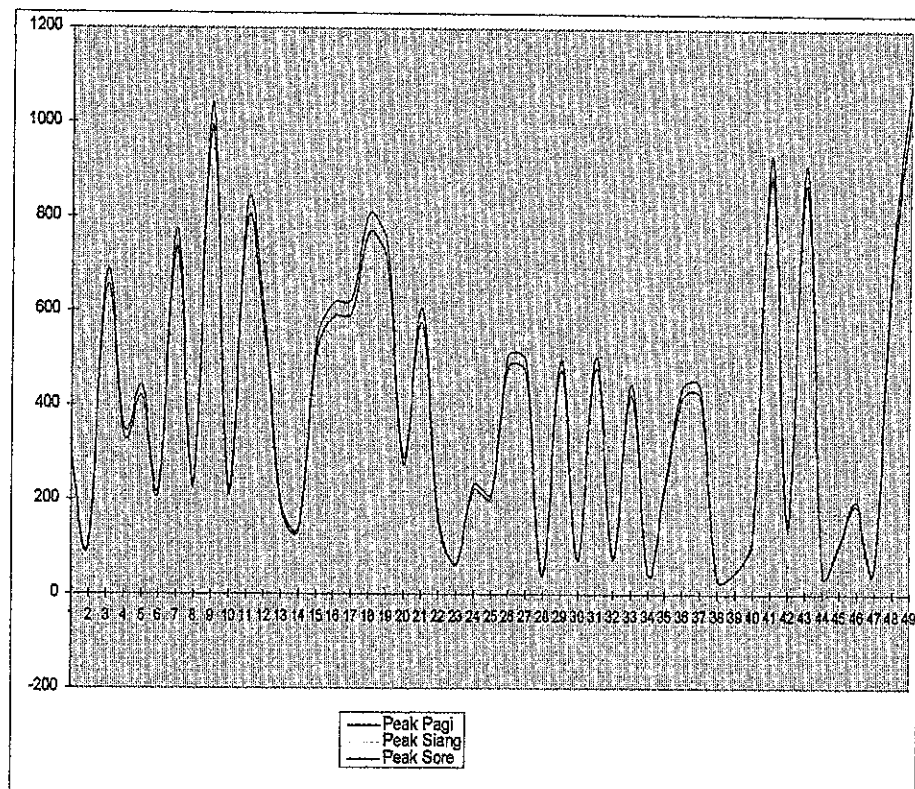
No Urut	Ruas	Gerakan Membelok Pada	Jam Sibuk Pagi	Jam Sibuk Siang	Jam Sibuk Sore
1	1	11	287	259	273
2		12	106	96	101
3		13	687	621	654
4		14	351	317	334
5		15	439	397	418
6		16	222	200	211
7		17	776	702	739
8		18	236	214	225
9	2	21	1043	943	993
10		22	221	200	210
11	3	23	834	754	794
12		31	586	530	558
13		32	186	168	177
14		33	140	126	133
15		34	548	496	522
16		35	620	561	590
17		36	629	569	599
18	4	41	809	732	770
19		42	744	674	709
20	5	43	290	262	276
21		51	607	549	578
22		52	158	143	150
23		53	65	59	62
24		54	231	209	220
25		55	215	195	205
26		56	508	460	484
27	6	61	495	447	471
28		62	41	37	39
29		63	500	452	476
30		64	74	67	70
31		65	507	459	483
32		66	79	71	75
33		67	445	403	424
34		68	44	40	42
35	7	71	229	207	218
36		72	439	397	418
37		73	440	398	419
38		74	33	29	31
39		75	48	44	46
40		76	118	106	112
41	8	81	935	846	890
42		82	144	130	137
43	9	83	915	827	871
44		91	42	38	40
45		92	107	97	102
46		93	196	178	187
47		94	55	49	52
48		95	729	659	694
49		96	1083	979	1031

Sumber : Hasil Pengolahan Data Survai

Adapun gambaran pola distribusi arus lalu lintas pada jam sibuk pagi dapat ditampilkan pada gambar 4.2. dibawah ini :



Gambar 4.2  
Pola Distribusi Arus Lalu Lintas



Gambar 4.2a  
Fluktuasi Volume Lalu Lintas

Dari gambar tersebut diatas dapat diketahui pula besarnya arus lalu lintas yang terdistribusi untuk tiap ruas jalan pada masing - masing persimpangan. Selain itu dapat diketahui pula fluktuasi volume lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore hari.

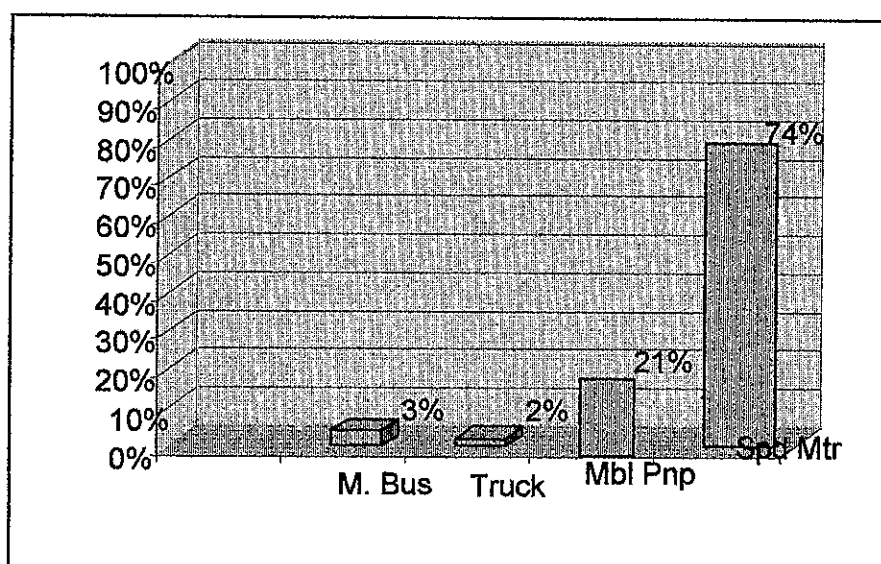
Dimana dapat diketahui arus lalu lintas yang terbesar pada jam sibuk pagi terdapat pada ruas 96 yaitu sebesar 1083 smp/jam dipersimpangan Martoloyo, sedangkan arus lalu lintas yang terkecil terletak pada ruas 74 sebesar 33 smp/jam di persimpangan Gudang Garam.

Hal yang sama dapat pula ditampilkan pola distribusi arus lalu lintas pada jam sibuk siang hari dan jam sibuk sore hari yang datanya dapat dilihat pada tabel 4.4. tersebut diatas.

Selain itu dari hasil pengolahan data survai gerakan membelok tersebut juga didapatkan suatu gambaran tentang proporsi dari jenis kendaraan yang dipergunakan dalam berlalu lintas diruas jalan pada daerah penelitian tersebut.

Adapun proporsi jenis kendaraan yang dipergunakan berdasarkan olahan data yang diperoleh dari survai gerakan membelok tersebut adalah terdiri dari kendaraan bermotor jenis sepeda motor adalah sebesar 74%, kendaraan bermotor jenis mobil penumpang adalah sebesar 21%, kendaraan bermotor jenis mobil bis adalah sebesar 3 % dan untuk kendaraan bermotor jenis mobil barang (truck) adalah sebesar 2%.

Berikut ini disajikan proporsi jenis kendaraan yang dipergunakan dalam arus lalu lintas dimaksud, adalah dapat dilihat pada Gambar 4.2. dibawah ini :



Gb. 4.2. Proporsi Jenis Kendaraan Bermotor Dalam Arus Lalu Lintas



#### 4.1.5. Antrian Kendaraan

Survai antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur-lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah.

Survai ini dilakukan untuk memperoleh jumlah antrian kendaraan observasi (dalam satuan smp), yang akan dipergunakan sebagai pembanding pada proses validasi model.

Data yang diperoleh dari hasil survai jumlah antrian adalah sebagaimana terdapat pada lampiran 2. Sedangkan Rekapitulasi Hasil Olahan Data Survai Antrian Pada Tiap Ruas dapat dilihat pada Tabel 4.5. berikut ini :

Tabel 4.5. Survai Antrian Kendaraan

Pada Ruas :	Kendaraan Antri Pada :	Jumlah Antrian (Smp/Sinyal merah)
1	11	5
	13	14
	15	12
	17	15
3	31	9
	33	5
	34	12
	35	17
5	51	12
	53	2
	55	12
	56	19
6	61	13
	63	7
	65	13
	67	5
7	71	3
	73	11
	75	2
9	91	1
	92	2
	94	2
	95	17
	96	23

Sumber : Hasil Olahan Data Survai Antrian

#### 4.1.6. Fase Sinyal Tiap Persimpangan

Dari hasil inventarisasi yang telah dilakukan pada daerah penelitian ini, maka diperoleh data yaitu bahwa terdapat 9 (sembilan) persimpangan yang terdiri dari 3 (tiga) persimpangan tak bersinyal dan 6 (enam) persimpangan bersinyal.

Adapun 6 (enam) simpang bersinyal tersebut diatas adalah terletak pada Simpang Maya (Node 1), Simpang Gajahmada (Node 3), Simpang Dana (Node 5), Simpang Pasar Sore (Node 6), Simpang Gudang Garam (Node 7) dan Simpang Martoloyo (Node 9).

Selanjutnya berdasarkan hasil survai sistem sinyal pada simpang bersinyal di daerah penelitian, maka akan didapatkan data-data yang diperlukan dalam rangka penelitian ini. Adapun data tersebut meliputi jumlah fase, bentuk fase, urutan fase, lama waktu siklus, dan lama tiap aspek sinyal hijau-kuning-merah.

Dari pendataan yang telah dilakukan pada keenam simpang bersinyal tersebut diatas, telah diperoleh data bahwa durasi waktu siklus terbesar yaitu selama 114 detik yang terletak pada simpang Maya (Node 1), sedangkan untuk durasi waktu siklus terkecil yaitu selama 73 detik terdapat pada simpang Gajahmada (Node 3).

Pada 6 (enam) simpang bersinyal tersebut diatas dioperasikan dengan waktu antar hijau (*intergreen*) sebesar 5 (lima) detik yang terdiri atas waktu kuning sebesar 3 (tiga) detik dan waktu *allred* sebesar 2 (dua) detik.

Adapun data waktu siklus hasil survai simpang bersinyal, adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 4.6. berikut ini :

Tabel 4.6.Siklus Sinyal

Node	Waktu siklus (detik)	Hijau	Kuning	All Red	Fase	Mulai Pada Detik Ke	Interval Antar Stage
1	114	66	3	2	Stage 1	0	5
					Stage 2	71	43
3	73	27	3	2	Stage 1	0	5
					Stage 2	32	41
5	104	20	3	2	Stage 1	0	5
			3	2	Stage 2	25	5
			3	2	Stage 3	73	31
6	74	39	3	2	Stage 1	0	5
					Stage 2	44	30
7	76	42	3	2	Stage 1	0	5
					Stage 2	47	29
9	108	51	3	2	Stage 1	0	5
					Stage 2	56	52

Adapun diagram waktu siklus *existing* yang menggambarkan sinyal lalu lintas persimpangan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### 4.1.7.Arus Jenuh

Arus jenuh (*saturation flow*) adalah merupakan iring-iringan kendaraan maksimum yang mengalir terus menerus melewati garis berhenti suatu mulut jalan dari pertemuan jalan sebidang berisyarat lampu lalu lintas selama periode hijau, dalam smp/jam. Berdasarkan metode MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia), bahwa besarnya arus jenuh tiap ruas merupakan fungsi dari arus jenuh dasar ( $S_0$ ) dan beberapa faktor penyesuaian ( $F_n$ ) yang mempengaruhinya seperti hambatan samping ( $F_{sp}$ ), kelandaian ( $F_g$ ), kondisi parkir ( $F_p$ ), proporsi belok kanan ( $F_{rt}$ ), proporsi belok kiri ( $F_{lt}$ ) dan dan ukuran kota ( $F_{cs}$ ). Sedangkan arus jenuh dasar itu sendiri merupakan fungsi dari lebar lajur pada lengan simpang yang diamati.

Adapun arus jenuh untuk masing-masing ruas pada daerah penelitian, Tabel 4.7. berikut ini :

Tabel 4.7. Arus Jenuh  
Berdasarkan Data Hasil Survei Geometrik Simpang

Ruas	No	We	So	Fos	Fsf	Fg	Ep	Frt	Flt	Arus Jenuh
1	11	3.80	551	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,352
	12	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	13	4.90	500	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,583
	14	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	15	4.80	542	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,680
	16	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	17	4.90	500	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,583
	18	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	21	7.50	473	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,294
2	22	3.00	554	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,073
	23	7.50	461	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,294
3	31	5.20	280	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,693
	32	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	33	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	34	4.88	531	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,675
	35	6.00	517	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,003
4	36	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	41	7.90	475	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,423
	42	7.90	481	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,423
5	43	4.60	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,605
	51	5.20	446	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	2,096
	52	2.70	600	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	1,089
	53	4.00	435	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	1,169
	54	2.70	600	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	1,089
	55	2.90	600	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	1,169
	56	5.00	600	1.00	0.71	1.00	0.91	1.04	1.00	2,016
	61	5.20	504	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,693
6	62	2.70	548	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	63	2.60	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	907
	64	2.50	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	872
	65	5.20	504	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,693
	66	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	67	2.80	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	977
	68	2.50	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	872
	71	2.60	548	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	907
7	72	2.50	504	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	872
	73	5.20	504	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,693
	74	2.70	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	75	2.80	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	977
	76	2.50	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	872
8	81	6.80	515	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,261
	82	5.70	580	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,874
	83	6.80	515	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,261
9	91	2.70	546	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	942
	92	2.30	546	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	802
	93	2.30	540	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	802
	94	3.50	557	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	1,260
	95	7.10	472	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,164
	96	7.10	478	1.00	0.71	1.00	0.91	1.00	1.00	2,164

Sumber : Hasil Survei Geometrik Simpang

#### 4.1.8. Pendapatan Pengguna Jalan

Sebagaimana telah disebutkan pada bab yang terdahulu, untuk mencari besarnya nilai waktu dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Income Approach* (Roger Keneth, 1975), yang dalam hal ini diperoleh dengan melakukan survey pendapatan para pengguna jalan pada ruas jalan yang diteliti.

Pendekatan yang dilakukan dengan menggunakan Metode *Income Approach* dengan melakukan survai langsung dilapangan (data primer) ini dipilih dengan pertimbangan akan dapat mengakomodir adanya variasi tingkat pendapatan dari para pengguna jalan baik yang berasal-tujuan dari kota Tegal itu sendiri maupun pengguna jalan yang berasal-tujuan diluar kota Tegal.

Selanjutnya dari hasil pengolahan data yang dilakukan berdasarkan dari pelaksanaan survai pendapatan pengguna jalan yang telah dilakukan pada daerah penelitian tersebut, maka diperoleh nilai waktu rata-rata sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.8. berikut ini :

Tabel 4.8 Nilai waktu rata-rata pengguna jalan

No	Jenis Kendaraan	Pendapatan Rata-rata (Mean) (Rp/bln/org)	Prosentase (%) Kendaraan	Nilai Waktu (Rp/jam/org)
1.	Sepeda Motor	1.344.860,00	0,74	995.195,00
2.	Mobil Penumpang	1.960.500,00	0,21	411.705,00
3.	Mobil Bus	1.950.000,00	0,03	58.500,00
4.	T r u k	1.730.000,00	0,02	34.600,00
Jumlah				1.500.000,00

Sumber : Hasil Olahan Data Survai

## 4.2.ANALISIS

### 4.2.1. Running TRANSYT/9

Sebagaimana telah diuraikan pada Bab sebelumnya bahwa TRANSYT/9 adalah merupakan suatu metoda untuk menentukan pengaturan lampu lalu lintas waktu tetap optimal, sehingga arus yang ada dapat melintasi jaringan jalan yang bersinyal dengan biaya total minimum.

Dalam hal ini salah satu langkah kegiatan yang dilakukan antara lain adalah dengan membandingkan parameter kualitas TRANSYT untuk kondisi eksisting jaringan bersinyal terisolasi dengan kondisi jaringan jalan bersinyal terkoordinasi, pada daerah penelitian.

Selanjutnya data-data yang diperoleh berdasarkan hasil survai yang terdiri dari survai gerakan membelok, survai sistem sinyal, survai waktu perjalanan, survai inventarisasi jalan, survai geometrik simpang dan survai okupansi kendaraan diinput ke dalam program TRANSYT/9 melalui file dat termasuk data nilai waktu untuk delay dan stop. Parameter yang dihasilkan dari running program TRANSYT/9 ini akan menghasilkan 3 (tiga) output file yaitu file bak, file lis dan file prt. Dalam hal ini parameter yang dihasilkan adalah panjang perjalanan total dalam sistem (amp-km/jam), waktu total dalam sistem (smp-jam/jam, kecepatan sistem (km/jam), tundaan total dalam sistem (smp-jam/jam), biaya total dari tundaan dalam sistem (Rp/jam), biaya total dari stop dalam sistem (Rp/jam), penggunaan bahan bakar (liter/jam) dan TRANSYT Performance Index.

#### 4.2.2.Uji Validitas Model

Besaran performansi yang dihasilkan dari hasil simulasi dalam pemodelan tersebut haruslah merupakan cerminan dari keadaan yang mendekati kenyataan yang sebenarnya, untuk itu perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu.

Apabila dari hasil uji validitas model dapat teruji keakuratannya, maka akan dapat dilakukan perhitungan dan analisis lebih lanjut.

Untuk memperoleh model yang teruji validitasnya, maka diperlukan suatu proses kalibrasi atas variabel-variabel tidak tetap yang mempengaruhinya. Variabel tetap yang dipergunakan sebagai parameter yang terukur adalah jumlah antrian (smp) yang terjadi akibat durasi sinyal merah, hal ini dikarenakan parameter yang dihasilkan oleh program Transyt yang dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran dilapangan adalah parameter jumlah antrian kendaraan.

Dalam melakukan validasi model tersebut dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) elemen uji statistik, yaitu berupa Uji Varian dan Uji 2 (dua) Mean sebagai berikut :

##### a. Uji Varian.

Untuk mengetahui apakah varian dari 2 {dua} sampel yang diuji tersebut sama atau tidak, maka perlu dilakukan melalui Uji Varian. Apabila dari hasil uji varian tersebut menunjukkan bahwa varian dari 2 (dua) sampel tersebut sama, maka kemudian dilakukan uji uji 2 mean dengan menggunakan metode varian yang sama pula. Namun apabila dari hasil uji tersebut ternyata

menunjukkan bahwa varian 2 (dua) sampel tersebut berbeda, maka uji selanjutnya pun dilakukan dengan menggunakan metode varian yang berbeda pula.

Dalam uji varian maupun uji 2 (dua) mean ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) sampel jumlah antrian yang sama pula; yaitu jumlah antrian dari hasil model TRANSYT/9 dan jumlah antrian dari hasil survai.

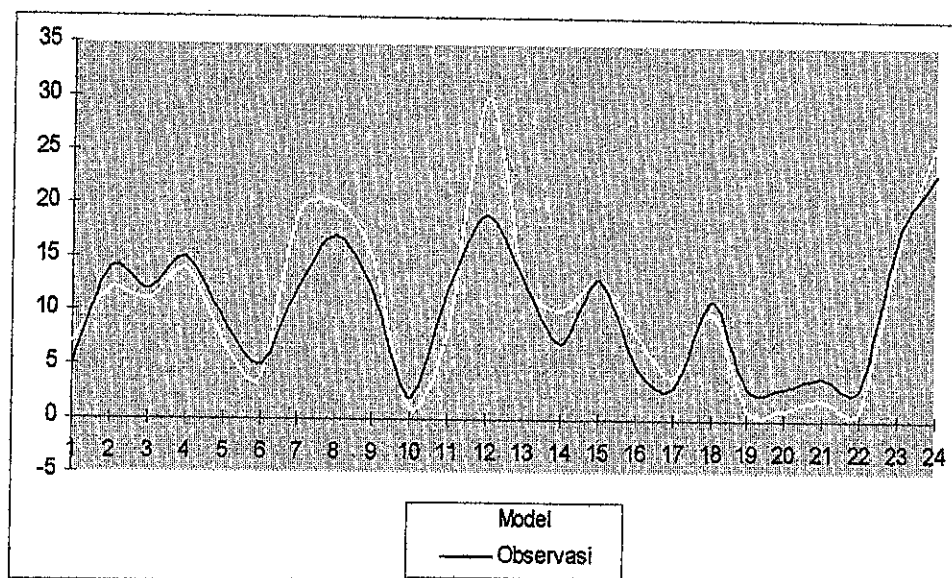
Berikut ini disajikan contoh hasil uji varian maupun uji 2 (dua) mean dari data jumlah antrian hasil model TRANSYT/9 dengan data jumlah antrian hasil survai, untuk arus lalu lintas jam sibuk pagi pada Tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 4.9.  
Jumlah Antrian Hasil Model dan Hasil Survai

Ruas :	Antrian Pada :	NO Hasil Model (smp)	NO Hasil Survai (smp)
1	11	7	5
	13	12	14
	15	11	12
	17	14	15
3	31	7	9
	33	4	5
	34	19	12
	35	20	17
5	51	15	12
6	53	1	2
	55	8	12
	56	30	19
	61	13	13
	63	10	7
	65	13	13
7	67	8	5
	71	4	3
	73	10	11
9	75	1	3
	91	1	3
	92	2	4
	94	1	3
	95	16	17
	96	26	23

Sumber : output TRANSYT/9 dan survai antrian





Gambar 4.4.  
Perbandingan Jumlah Antrian

Dari data jumlah antrian yang diperoleh melalui hasil pemodelan (output Transyt/9) dan hasil survai (obsevasi lapangan) sebagaimana Tabel 4.6. tersebut diatas, selanjutnya setelah dilakukan uji varian dengan hipotesis  $H_0$  adalah ; varian 1 = varian 2, maka hasilnya adalah sebagai berikut :

F-Test Two-Sample for Variances

Parameter	Model	Survay
Mean	12.958	9.708
Variance	75.694	38.824
Observations	24	24
Df	23	23
F	1.950	
P(F<=f) one-tail	0,058	
F Critical one-tail	2.014	

Sumber : data analysis

Berdasarkan hasil uji varian ( $F$ -test) di atas, terlihat bahwa nilai  $F_{hitung} < F_{tabel}$  sehingga,  $H_0$  yang menyatakan varian 1 = varian 2 diterima, hal ini berarti varian dari ke 2 sampel tersebut adalah sama.

## b. Uji 2 Mean.

Dari hasil uji varian yang menyatakan bahwa varian dari ke 2 (dua) sampel tersebut adalah sama, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan uji 2 (dua) mean dengan hipotesis  $H_0$  adalah ; mean 1 = mean 2, dimana dengan hasil adalah sebagaimana tersebut dibawah ini :

*t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*

Parameter	Model	Survay
Mean	12.958	9.708
Variance	75.694	33,868
Observations	24	24
Pooled Variance	57.259	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	46	
T Stat	1.488	
P(T<=t) one-tail	0,072	
T Critical one-tail	1.679	
P(T<=t) two-tail	0,144	
T Critical two-tail	2.013	

Sumber : data analysis

Setelah dilakukan uji 2 (dua) mean atau t-test dengan hasil seperti tersebut diatas, maka dapat dilihat bahwa pada uji dua sisi, nilai  $-t_{tabel} < t_{hitung} < +t_{tabel}$  sehingga  $H_0$  yang menyatakan mean 1 = mean 2 diterima, hal ini berarti mean dari ke 2 (dua) sampel tersebut adalah sama.

Dari hasil validasi model yang dilakukan melalui uji statistik berupa uji varian dan uji 2 (dua) mean, maka model tersebut sudah representatif terhadap kondisi sebenarnya sehingga model siap digunakan untuk prediksi maupun analisis selanjutnya, yaitu prediksi

terhadap biaya tundaan, total konsumsi bahan bakar maupun parameter-parameter utama dari aspek mobilitas.

#### 4.2.3. ANALISIS BIAYA TUNDAAN

Keluaran dari running program TRANSYT/9 antara lain adalah berupa biaya tundaan, dimana besarnya adalah dalam satuan pence/jam/smp. Dalam hal ini biaya tundaan adalah merupakan fungsi dari besarnya unit nilai waktu, yang tentunya nilai waktu yang diperoleh pada daerah penelitian harus dikonversikan dengan satuan pada program TRANSYT tersebut.

Untuk mencari besarnya biaya tundaan, adalah dengan menentukan nilai waktu pengguna jalan pada daerah penelitian, konversi nilai waktu dan masukan data sebagai berikut :

##### 4.2.3.1. Nilai Waktu

Hasil keluaran program TRANSYT/9 antara lain adalah berupa biaya tundaan lalu lintas, dimana ditentukan oleh besarnya nilai waktu. Berdasarkan hasil survai pendapatan pengguna jalan dengan pendapatan rata-rata per bulan adalah sebesar Rp. 1.500.000, -, maka besaran nilai waktunya adalah Rp. 6.250,- /jam/orang atau \$ 0,7353/jam/orang (kurs rupiah terhadap dolar, 1\$ = Rp. 8.500,-).

##### 4.2.3.2. Konversi Satuan Nilai Waktu

Oleh karena input nilai waktu dalam TRANSYT dilakukan dalam satuan pence/jam/smp, maka diperlukan konversi

satuan nilai waktu. Nilai waktu yang diperoleh dari hasil survai pendapatan pengguna jalan sebesar Rp. 6.250,- /jam/orang atau \$ 0,7353/jam/orang tersebut. Selanjutnya dengan menggunakan nilai waktu sebesar \$ 0,7353/jam/orang tersebut diatas, maka dilakukan penyesuaian dengan data primer yang telah didapatkan yaitu berupa okupansi kendaraan dan faktor smpnya yang akan menghasilkan okupansi kendaraan. Untuk mencari jumlah okupansi kendaraan terkoreksi dilakukan dengan cara okupansi kendaraan hasil survey dikalikan dengan persentase dari masing-masing jenis kendaraan, yang menghasilkan jumlah okupansi kendaraan sebesar 2,53 orang/kendaraan. Sedangkan untuk mencari besaran faktor smp terkoreksi diperoleh dengan cara mengalikan smp standar tiap jenis kendaraan dengan persentase dari jenis kendaraan dalam arus lalu lintas, yang menghasilkan jumlah faktor smp terkoreksi sebesar 0,57. Hasil perhitungan okupansi terkoreksi dan faktor smp terkoreksi adalah sebagaimana Tabel 4.10. berikut :

Tabel 4.10.  
Okupansi Kendaraan dan Faktor Smp

Jenis Kendaraan	%	Okupansi Kend	Okupansi Terkoreksi	Smp (MKJ)	Faktor Smp
Sepeda Motor	74	1,8	1,33	0,4	0,30
Mobil Pnp	21	3,1	0,65	1,0	0,20
Bus	3	16,5	0,50	1,3	0,04
Truk	2	2,4	0,05	1,3	0,03
Jumlah	100	-	2,53	-	0,57

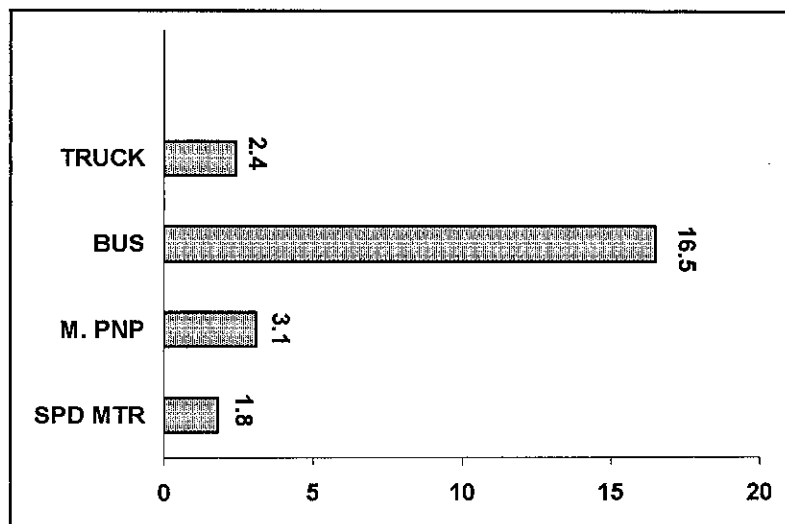
Sumber : Observasi dan pengolahan data

Dari nilai waktu yang diperoleh berdasarkan hasil survai dan pengolahan data sebesar \$0,7353/jam/orang tersebut diatas, maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan lagi yaitu dikalikan dengan okupansi kendaraan rata-ratanya yaitu sebesar 2,53 maka akan diperoleh nilai waktu yang sebenarnya adalah sebesar \$1,86/jam/ kendaraan.

Dalam *Transyt/9* masukan nilai waktu yang diperlukan adalah dengan menggunakan satuan dalam pence/jam/smp. Dalam hal ini nilai kurs 1 \$ adalah sama dengan 100 pence, sehingga nilai waktu sebesar \$ 1,86/jam/kendaraan adalah sama dengan 1860 pence/ jam/ kendaraan.

Dalam perhitungan selanjutnya ditentukan bahwa yang dipergunakan sebagai acuan adalah bahwa 1 kendaraan adalah sebanding dengan 0,57 smp, sehingga nilai waktu sebesar 186 pence/jam/kendaraan tersebut selanjutnya dibagi dengan faktor smpnya yaitu sebesar 0,57 dan diperoleh hasil nilai waktunya adalah sama dengan 325 pence/jam/smp.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai stop apabila tidak ada hasil penelitian khusus tentang hal itu, maka nilai stop yang dipakai adalah dengan menggunakan acuan yang direkomendasikan oleh progam *TRANSYT/9*. Adapun nilai tersebut besarannya adalah 50 pence/100 kendaraan stop.



Gambar 4.5. Okupansi Kendaraan

#### 4.2.3.3. Masukan Data

Dari besaran nilai waktu yang telah diperoleh sebesar 325 pence/jam/smp dan besaran nilai stop yang direkomendasikan oleh TRANSYT/9 sebesar 50 pence tersebut, kemudian di-input dalam card type 1 - kolom 75 & 80 pada menu EDITTR, kemudian dikalikan dengan lamanya tundaan dan jumlah stop yang terjadi dan tercantum pada keluaran TRANSYT/9 (*file.lis* dan *file.prt*), maka akan dapat diperoleh biaya tundaan total dalam satuan \$/jam.

Selanjutnya biaya total dalam satuan \$/jam tersebut dikonversikan dengan nilai tukar rupiah dengan menggunakan kurs rupiah terhadap dollar, yaitu dengan menggunakan asumsi bahwa \$1=Rp 8.500,-.

Maka selanjutnya akan didapatkan biaya tundaan dalam satuan Rp/jam.

Selanjutnya untuk mencari nilai total biaya tundaan tersebut, adalah dilakukan dengan cara menghitung satu-persatu terhadap semua ruas yang masuk simpang bersinyal baik pada waktu jam sibuk pagi, jam sibuk siang maupun jam sibuk sore, sehingga pada akhirnya akan diperoleh suatu nilai total biaya tundaan untuk seluruh jaringan.

Dari tahapan proses penghitungan biaya tundaan yang telah dilakukan tersebut diatas, maka akan dapat diprediksikan besarnya biaya tundaan untuk berbagai kondisi fluktuasi arus lalu lintas.

Dengan cara demikian, maka akan diperoleh biaya tundaan, baik yang dengan menggunakan sistem Sinyal Terisolasi maupun dengan menggunakan sistem Sinyal Terkoordinasi.

Adapun hasil analisis dari biaya tundaan baik dengan menggunakan sistem sinyal terisolasi maupun sistem sinyal terkoordinasi dapat dilihat pada Tabel 4.11. berikut ini :

Tabel 4.11.  
Biaya Tundaan dengan Sistem Sinyal  
Terisolasi dan Terkoordinasi

Skenario	Biaya Tundaan				Efisiensi	
	Ter Isolasi (\$/Jam)	Ter isolasi (Rp/jam)	Ter koordinasi (\$/Jam)	Ter koordinasi (Rp/jam)	(Rp/jam)	%
Arus Pagi	478,3	4.055.550,	337,4	2.867.900,	1.197.650,-	29,5
Arus Siang	354,5	3.013.250,	279,9	2.379.150,	634.100,-	21,0
Arus Sore	407,5	3.452.050,	306,3	2.607.800,	854.250,-	24,7

Sumber : hasil analisis

#### 4.2.4. ANALISA BIAYA BAHAN BAKAR

Keluaran dari *running program* TRANSYT/9 yang lainnya adalah berupa total konsumsi bahan bakar selama satu jam dalam satuan liter/jam.

Untuk mencari besarnya biaya bahan bakar, maka tahapan yang perlu dilakukan adalah total konsumsi bahan bakar dikonversikan dengan tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar untuk masing-masing jenis kendaraan yang dipergunakan, menentukan proporsi penggunaan jenis bahan bakar (penggunaan bahan bakar solar dan bensin) dan melakukan perhitungan besaran biaya bahan bakar dengan harga masing-masing jenis bahan bakar (Rp/liter).

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menentukan biaya bahan bakar adalah sebagai berikut :

##### 4.2.4.1. Total Konsumsi Bahan Bakar

Dalam hal ini untuk mendapatkan total konsumsi bahan bakar selama satu jam dalam satuan liter/jam adalah diperoleh dari keluaran TRANSYT/9. Selanjutnya sesuai dengan kondisi skenario yang berbeda yaitu arus lalu lintas pada waktu pagi hari, siang hari maupun sore hari tentunya akan berbeda. Maka dalam hal ini total konsumsi penggunaan bahan bakar tiap skenario pun akan berbeda.

Dimana total konsumsi penggunaan bahan bakar tersebut, adalah merupakan akumulasi konsumsi dari kondisi berjalan menempuh ruas maupun berhenti selama tertunda oleh sinyal merah serta kendaraan bermotor saat mengalami akselerasi/deselerasi.



Dalam program TRANYT/9, total konsumsi bahan bakar diestimasi dengan menggunakan pendekatan bahwa semua kendaraan dalam arus lalu lintas adalah jenis mobil penumpang, sedangkan pada kenyataannya komposisi jenis kendaraan adalah berbeda-beda, dimana dalam hal ini terdiri atas 3 (tiga) kategori yaitu mobil penumpang, kendaraan berat (bus dan truck) dan sepeda motor yang jumlahnya paling banyak. Dengan adanya perbedaan jenis kendaraan tersebut, maka dalam hal ini tingkat konsumsi bahan bakar masing-masing kendaraan juga berbeda.

#### 4.2.4.2. Faktor Konversi

Dalam hal ini dengan melihat kenyataan bahwa dalam hal penggunaan bahan bakar yang mana tingkat konsumsi bahan bakar untuk masing-masing jenis kendaraan tentunya akan berbeda.

Oleh karena itu maka perlu dilakukan suatu pendekatan dengan menggunakan asumsi bahwa tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar kendaraan berat (bus dan truck) adalah dua kali lipat bila dibandingkan dengan tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar mobil penumpang.

Sedangkan tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar untuk sepeda motor adalah seperempat dari tingkat konsumsi penggunaan bahan bakar mobil penumpang.

Atas dasar asumsi-asumsi tersebut diatas, maka akan didapatkan suatu faktor konversi

(sebagai pengali) terhadap jumlah bahan bakar output TRANSYT/9, yaitu sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.12.tersebut dibawah ini :

Tabel 4.12.  
Faktor Konversi Jumlah Bahan Bakar

Jenis Kendaraan	%	Rasio Tingkat Konsumsi BEM	Faktor Konversi
Sepeda motor	74	0,25	0,115
Mobil pnp	21	1,00	0,130
Bus	3	2,00	0,040
Truk	2	2,00	0,020
T o t a l			0,495

Sumber : Hasil Analisis

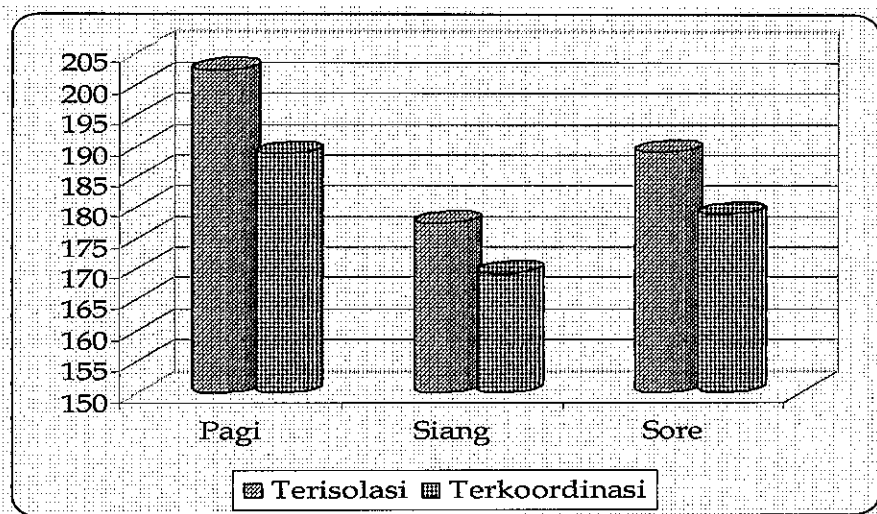
Selanjutnya dengan memperhatikan adanya faktor konversi dari masing-masing jenis kendaraan tersebut diatas, maka akan dapat diprediksikan jumlah konsumsi penggunaan bahan bakar untuk berbagai kondisi fluktuasi arus lalu lintas sesuai dengan skenario yang telah dilakukan. Skenario fluktuasi arus lalu lintas tersebut yaitu jumlah konsumsi penggunaan bahan bakar arus lalu lintas pada kondisi pagi hari, arus lalu lintas pada kondisi siang hari dan arus lalu lintas pada kondisi sore hari.

Adapun keluaran dari hasil program Transyt/9 yang berupa konsumsi penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor yang terjadi pada berbagai kondisi arus lalu lintas yang berbeda tersebut, adalah dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 4.13.tersebut dibawah ini :

**Tabel 4.13. Konsumsi Bahan Bakar dengan Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi**

Skenario	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)					Efisiensi	
	TRANSYT/9		Faktor konversi	Setelah Konversi			
	Ter Isolasi	Ter Koordinasi		Ter Isolasi	Ter Koordinasi	BBM (ltr/jam)	%
Pagi	733,4	666,0	0,495	363,0	329,7	33,4	9,2
Siang	625,2	589,0	0,495	309,5	291,6	17,9	5,8
Sore	674,9	626,0	0,495	334,1	309,9	24,2	7,2

Sumber : Keluaran TRANSYT/9 diolah.



**Gambar 4.6.**  
**Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Terisolasi dan Terkoordinasi**

#### 4.2.4.3. Proporsi Penggunaan Jenis Bahan Bakar

Jumlah konsumsi bahan bakar berdasarkan hasil keluaran dari TRANSYT/9 tidak dirinci berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan, akan tetapi hanya dalam bentuk total liter/jam saja (Tabel 4.13. dan Gambar 4.6.). Oleh karena itu dalam penelitian ini akan menguraikan lebih lanjut proporsi jenis bahan bakar yang

dipergunakan oleh kendaraan dalam berlalu lintas, guna dilakukan prediksi secara lebih detail.

Untuk dapat mengetahui proporsi penggunaan jenis bahan bakar, maka dalam hal ini sebagai referensi dengan menggunakan acuan data yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat tentang rasio jumlah kendaraan bermotor berdasarkan jenis bahan bakar. Selanjutnya dari data tersebut diatas dapat diprediksikan bahwa proporsi kendaraan bermotor yang menggunakan jenis bahan bakar bensin rata-rata adalah sebesar  $\pm 89\%$ , sedangkan proporsi kendaraan bermotor yang menggunakan jenis bahan bakar solar rata-rata adalah sebesar  $\pm 11\%$ .

Untuk lebih jelasnya tentang rasio penggunaan jenis bahan bakar tersebut, adalah dapat dilihat pada Tabel 4.14. sebagaimana tersebut dibawah ini :

Tabel 4.14.  
Rasio Penggunaan Jenis Bahan Bakar

Th	Jumlah kendaraan			Rasio Bahan Bakar (%)		
	Bensin	Solar	Total	Bensin	Solar	Total
1995	10.378.924	1.173.515	11.552.439	89,84	10,16	100
1999	12.493.467	1.559.006	14.052.473	88,91	11,09	100
2003	15.020.268	2.077.139	17.097.407	87,85	12,15	100

Sumber : Ditjen. Perhubungan Darat

Dengan menggunakan data tersebut sebagai acuan, maka akan dapat diasumsikan bahwa total penggunaan konsumsi bahan bakar yang diperoleh dari output TRANSYT/9 adalah

terdiri atas 89% BBM jenis bensin dan 11% BBM jenis solar.

#### 4.2.4.4. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Perhitungan besarnya biaya bahan bakar dalam penelitian ini dapat diperoleh dengan mengalikan total konsumsi penggunaan masing-masing jenis bahan bakar tersebut dengan harga yang berlaku pada saat ini untuk masing-masing jenis bahan bakar (Rp/liter).

Untuk itu harga bahan bakar yang dipergunakan sebagai acuan pada penelitian ini adalah dengan menetapkan harga bensin sebesar Rp 1.850,-/liter serta harga solar sebesar Rp 1.650,-/liter.

Selanjutnya dengan telah diketahuinya data pendukung tersebut diatas yang meliputi data total konsumsi bahan bakar, proporsi/persentase dari konsumsi tiap jenis bahan bakar dan harga dari tiap jenis bahan bakar, maka akan dapat dihitung total biaya bahan bakar untuk berbagai skenario yang telah ditetapkan sebagai akibat dioperasikannya sistem sinyal lalu lintas, baik dengan menggunakan sinyal terisolasi maupun dengan menggunakan sistem sinyal terkoordinasi.

Sesuai dengan skenario simulasi, maka estimasi biaya bahan bakar dilakukan berdasarkan berbagai kondisi fluktuasi arus lalu lintas yang telah ditentukan

yaitu arus lalu lintas jam sibuk pagi, arus lalu lintas jam sibuk siang dan arus lalu lintas jam sibuk sore.

Biaya bahan bakar dengan sistem sinyal terisolasi maupun sistem sinyal terkoordinasi untuk berbagai skenario, adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 4.15. dibawah ini:

Tabel 4.15.  
Biaya Bahan Bakar dengan Sistem Sinyal  
Terisolasi dan Terkoordinasi

Terisolasi dan Terkoordinasi								
Analisa	Skenario	Jml BBM Hasil Transyt Ltr/jam	Fakt Konv BBM = 0,495	Jenis BBM	Rasio BBM %	Liter per jam	Harga Rp./liter	Biaya BBM Rp/jam
Terisolasi	Pagi	733,4	363,0	Bensin	0.89	323,1	1850	597.734,-
				Solar	0.11	39,9	1650	65.890,-
	Siang	625,2	309,5	Bensin	0.89	275,4	1850	663.624,-
				Solar	0.11	34,0	1650	509.549,-
	Sore	674,9	334,1	Bensin	0.89	297,3	1850	56.170,-
				Solar	0.11	36,7	1650	565.718,-
Terkoordinasi	Pagi	666,0	329,7	Bensin	0.89	293,4	1850	550.055,-
				Solar	0.11	36,3	1650	60.635,-
	Siang	589,0	291,6	Bensin	0.89	259,5	1850	610.690,-
				Solar	0.11	32,1	1650	542.802,-
	Sore	626,0	309,9	Bensin	0.89	275,8	1850	59.835,-
				Solar	0.11	34,1	1650	602.637,-
								480.045,-
								52.917,-
								532.963,-
								510.201,-
								56.241,-
								566.442,-

Sumber : hasil analisis

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada darah penelitian yaitu dengan membandingkan antara pengoperasian sistem sinyal terisolasi dengan pengoperasian sistem sinyal terkoordinasi, maka akan

diperoleh efisiensi dalam penggunaan bahan bakar.

Adapun efisiensi penggunaan bahan bakar dimaksud adalah dapat dilihat dalam Tabel 4.16. berikut dibawah ini :

Tabel 4.16.

Efisiensi Biaya Bahan Bakar dengan Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi

Skenario	BIAYA BAHAN BAKAR (Rp/Jam)		Efisiensi BBM	
	TRANSYT :			
	Terisolasi	Terkoordinasi	Rp/Jam	%
Pagi	663.624,-	602.637,-	60.987,-	9,2
Siang	565.718,-	532.963,-	32.755,-	5,8
Sore	610.690,-	566.442,-	44.248,-	7,2

Sumber : hasil analisis

#### 4.2.5.ANALISIS BIAYA KECELAKAAN

Dalam hal ini keluaran dari TRANSYT/9 tidak menghasilkan analisis biaya kecelakaan, oleh karena itu dalam melakukan analisis ini dilakukan dengan melakukan prediksi atas biaya kecelakaan yang terjadi pada jaringan jalan daerah penelitian dengan diberlakukannya sistem sinyal yang didasarkan atas estimasi reduksi jumlah kecelakaan pada simpang bersinyal.

Selanjutnya tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam rangka analisis biaya kecelakaan ini adalah dengan menentukan jumlah kendaraan terhenti (NSV) yang diperoleh dari keluaran TRANSYT/9, kontribusi tipe konflik kendaraan terhenti terhadap kecelakaan lalu lintas, rasio kecelakaan lalu lintas pada simpang bersinyal, perkiraan jumlah

korban kecelakaan lalu lintas dan rasio tingkat keparahan korban kecelakaan lalu lintas.

#### 4.2.5.1. Jumlah Kendaraan Terhenti

Adapun jumlah kendaraan terhenti (*Nsv*) ini diperoleh dari keluaran *TRANSYT/9* yang ditunjukkan oleh besarnya jumlah arus dan persentase stopped per smp pada setiap ruas (Lampiran 4).

Selanjutnya dengan menggunakan asumsi bahwa jumlah kendaraan terhenti (*NSV*) tersebut akan berkorelasi positif dengan besarnya arus lalu lintas, yang dalam hal ini semakin besar arus lalu lintas yang melewati simpang bersinyal maka akan semakin besar pula kemungkinan jumlah kendaraan yang terhenti oleh sinyal. Kemudian ekspansi jumlah kendaraan terhenti (*NSV*) dalam satu hari tersebut dapat menggunakan ekspansi *VJP* (Volume Jam Perencanaan) menjadi *LHR* (Lalu lintas Harian Rata-rata) dengan metode *MKJI* untuk simpang bersinyal, yaitu dengan faktor  $K = 0,08$  yang memberikan gambaran bahwa volume jam sibuk merupakan 8% dari volume lalu lintas dalam satu hari, sedangkan faktor ekspansi kedua adalah jumlah hari dalam setahun yaitu 365 hari.

Dalam hal ini faktor jumlah hari tersebut diperlukan untuk memperoleh jumlah kendaraan terhenti dalam satu tahun, karena basis data *time series* kecelakaan adalah dalam satuan data per tahun.



Selanjutnya berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebagaimana tersebut diatas, maka keluaran dari program TRANSYT/9 setelah diolah, maka akan menghasilkan jumlah kendaraan terhenti (NSV) sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.17. dibawah ini :

Tabel 4.17.  
Jumlah Kendaraan Terhenti

Kondisi	Sistem Sinyal	Jumlah Kendaraan Terhenti	
		Kend/jam	Kend/tahun
Pagi	Terisolasi	16.561	75.559.563
	Terkoordinasi	14.578	66.512.125
Siang	Terisolasi	13.689	62.456.063
	Terkoordinasi	12.433	56.725.563
Sore	Terisolasi	15.018	68.519.625
	Terkoordinasi	13.470	61.456.875

Sumber : Keluaran TRANSYT/9, diolah.

#### 4.2.5.2. Kontribusi Tipe Konflik yang Terkait Dengan Jumlah Kendaraan Terhenti :

Dalam jumlah kejadian dan fatalitas korban kecelakaan lalu lintas akan sangat terkait dengan tipe konflik yang mendahuluinya, baik terhadap konflik yang terjadi antara kendaraan bermotor dengan kendaraan bermotor maupun konflik yang terjadi antara kendaraan bermotor dengan pejalan kaki.

Dalam hal ini terhadap konflik lalu lintas yang terjadi pada suatu simpang bersinyal, Zegeer and Deen (1978) mengidentifikasikan terdapat 12 tipe

konflik yang mempunyai kontribusi terhadap terjadinya suatu kecelakaan lalu lintas pada simpang bersinyal.

Adapun kontribusi 12 tipe konflik yang terjadi pada simpang bersinyal tersebut adalah seperti terlihat pada Tabel 4.18. berikut ini:

Tabel 4.18. Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan Lalu Lintas di Simpang Bersinyal

No	Type of Conflict	Conflict Rate (Con/1000veh)	Proba Bility
1	Congestion & traffic backup	53,3	0,5262
2	Slow for left turn	15,6	0,1540
3	Slow for right turn	11,5	0,1135
4	Brake for previous conflict	3,6	0,0355
5	Other rear-end conflict	3,3	0,0326
6	Weave conflict	3,0	0,0296
7	Running red light	2,9	0,0286
8	Brake for slow moving vehicle	2,3	0,0227
9	Abrupt stop	1,4	0,0138
10	Opposing right turn	1,3	0,0128
11	Pedestrian	0,9	0,0089
12	Other conflict/erratic manuev.	2,2	0,0217
T o t a l			1,0000

Sumber : Zegeer and Deen (1978)

Sedangkan dari ke 12 tipe konflik yang terjadi pada simpang bersinyal tersebut, oleh Zegeer dan Deen (1978), diuraikan lagi menjadi tipe konflik yang terkait dengan jumlah dan pergerakan kendaraan terhenti akibat sistem sinyal yang berlaku. Tipe konflik yang terkait dengan jumlah kendaraan terhenti ada 5 (lima).

Berikut ini disajikan tabel dan gambar kemungkinan dari 5(lima) tipe konflik terkait dengan jumlah kendaraan terhenti, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.19. dan Gambar 4.7. dibawah ini :

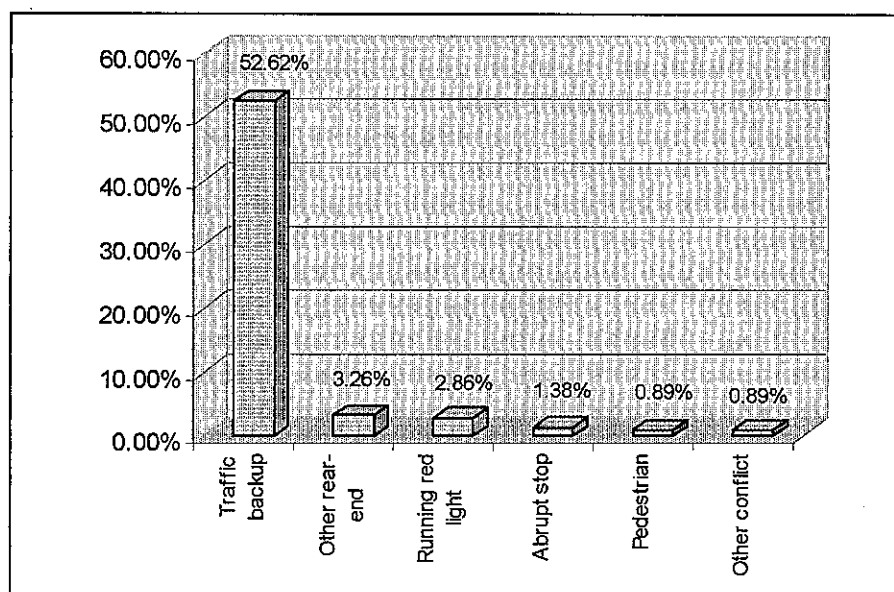
Tabel 4.19.

## Tipe Konflik Terkait Jumlah Kendaraan Terhenti

No	Type of Conflict	Probability
1	Congestion & traffic backup	0,5262
2	Other rear-end conflict	0,0326
3	Running red light	0,0286
4	Abrupt stop	0,0138
5	Pedestrian	0,0089
Total		0,6101

Sumber : Zegeer and Deen (1978)

Dari tipe konflik terkait dengan jumlah kendaraan terhenti seperti pada tabel 4.19. tersebut diatas, diuraikan lagi bahwa probabilitas atau kontribusi 5 tipe konflik yang akan terjadi berkaitan dengan jumlah kendaraan terhenti terhadap kecelakaan lalu lintas di simpang adalah sebesar 0,6101 atau 61,01%.



Gambar 4.7.

## Kontribusi Tipe Konflik Terhadap Kecelakaan

#### 4.2.5.3. Rasio Jumlah Kecelakaan dan Tingkat Keparahan Korban :

Rasio jumlah kecelakaan dan Tingkat keparahan korban diperoleh dari Polresta Tegal, dengan pertimbangan bahwa di pihak kepolisian data kecelakaan dicatat berdasarkan jumlah kejadiannya.

Rasio jumlah kecelakaan dan jumlah korban yang terlibat kecelakaan pada tahun 2003 adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini :

Tabel 4.20.  
Rasio Jumlah Kecelakaan dan Jumlah Korban  
Tahun 2003

Bulan	Jumlah Kecelakaan	Jumlah Korban	Rasio Kcl : Korban
Mei	16	61	3,81
Juni	18	25	1,39
Juli	10	15	1,50
Agustus	8	14	1,75
September	7	15	2,14
Oktober	9	16	1,78
Rata-rata			2,06

Sumber : Polresta Tegal

Kemudian jumlah kejadian kecelakaan perlu diuraikan lebih lanjut menjadi jumlah korban yang terlibat serta tingkat keparahannya yaitu ; meninggal dunia (MD), luka berat (LB) dan luka ringan (LR).

Adapun data tingkat keparahan korban dimaksud meliputi korban meninggal dunia 3,6%, luka berat 17,0% dan luka ringan 79,5%, adalah dapat dilihat pada Tabel 4.21. berikut ini :

Tabel 4.21.  
Tingkat Keparahan Korban Kecelakaan Lalu Lintas  
Tahun 2003

NO.	Tingkat	Jumlah Korban	Prosentase (%)
1.	Meninggal dunia	5	3,6
2.	Luka berat	24	17,0
3.	Luka ringan	111	79,5
Jumlah		140	100

Sumber : Polresta Tegal

#### 4.2.5.4. Jumlah Kecelakaan Lalu lintas akibat dari Jumlah Kendaraan Terhenti.

Dengan telah diketahuinya jumlah kendaraan terhenti/tahun, kontribusi tipe konflik kendaraan terhenti terhadap kecelakaan lalu lintas yang terjadi serta rasio jumlah kecelakaan lalu lintas tersebut diatas, maka selanjutnya akan dapat diprediksikan jumlah kecelakaan lalu lintas per tahun akibat jumlah kendaraan terhenti yang dikendalikan oleh sistem sinyal lalu lintas yang dioperasikan pada jaringan tersebut.

Dengan diketahuinya jumlah korban kecelakaan lalu lintas yang terjadi, yang kemudian dikalikan dengan biaya kecelakaan lalu lintas/unit, maka akan diperoleh total biaya kecelakaan/tahun.

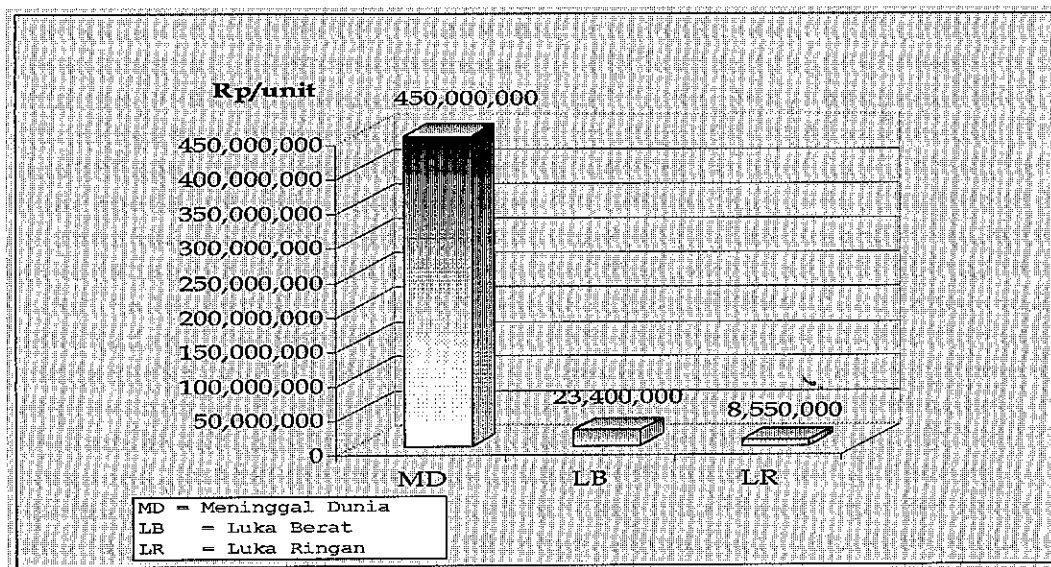
Adapun biaya kecelakaan lalu lintas/unit ini, diprediksikan dengan berdasarkan pada asumsi bahwa usia rata-rata korban mati adalah umur 35 tahun dan usia hidup adalah 65 tahun.

Dengan menggunakan asumsi bahwa pendapatan orang selama usia produktif (35-55th) adalah Rp 1.500.000,-/bulan dan pendapatan orang pada usia berikutnya (usia 55-65th) sebesar 50%nya, maka nilai satu orang korban yang meninggal dunia adalah :

$$(20 \text{ tahun} \times 12 \text{ bulan} \times \text{Rp.1.500.000}) + (10 \text{ tahun} \times 12 \text{ bulan} \times \text{Rp.750.000}) = \text{Rp. 450.000.000,-}.$$

Selanjutnya untuk menentukan besarnya biaya luka berat dan besarnya biaya luka ringan, dilakukan dengan menggunakan referensi penelitian yang dilakukan oleh Nusantyo S, 1997 (Purwadi, 1994) di Kota Yogyakarta. Dalam penelitian tersebut antara lain menyebutkan bahwa dalam kejadian kecelakaan lalu lintas besarnya untuk biaya luka berat adalah sebesar 5,2% dari biaya korban mati, sedangkan biaya luka ringan adalah sebesar 1,9% dari biaya korban mati.

Dengan menggunakan asumsi bahwa keadaan sosial-ekonomi di Kota Yogyakarta dan Kota Tegal tidak jauh berbeda, maka dapat dipergunakan sebagai acuan. Sehingga besaran biaya kecelakaan lalu lintas/unit untuk korban meninggal dunia adalah Rp. 450.000.000,-, korban luka berat Rp. 23.400.000,- dan korban luka ringan Rp. 8.550.000,-. Sebagai gambaran, berikut ini disajikan besarnya biaya kecelakaan/unit berdasarkan tingkat keparahan korban terlihat pada Gambar 4.8. berikut ini :



Gambar 4.8. Biaya Kecelakaan Lalu Lintas (Rp/unit)  
Berdasarkan Tingkat Keparahan Korban

#### 4.2.5.5. Perkiraan Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas, Korban Kecelakaan lalu Lintas dan Biaya Kecelakaan lalu Lintas :

Kemudian dari hasil perhitungan terhadap biaya kecelakaan lalu lintas yang telah dilakukan tersebut, maka selanjutnya akan dapat pula dilakukan suatu perkiraan Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas, Korban Kecelakaan Lalu Lintas dan Biaya Kecelakaan Lalu Lintas yang akan mungkin terjadi sepanjang daerah penelitian tersebut.

Adapun estimasi Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas, Korban Kecelakaan lalu Lintas dan biaya Kecelakaan Lalu Lintas adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.22. tersebut dibawah ini:

**Tabel 4.22.**  
**Perkiraan Jumlah Kecelakaan, Korban dan Biaya Kecelakaan**

Arus	Kondisi	Jumlah Nav Hasil Transyt kend/jam	Faktor VUP K=0,08 kend/hari	Faktor Tahun 365 hari kend/th	IAR 0.00000043 kcl/th	Psv 0.6101 kcl/th	Rasio kel : korb 2.06 korb/th	Biaya Kecelakaan Per hari	Biaya Kecelakaan Per Jam
<b>Pagi</b>	Isolasi	16,561	207,013	75,559,563	32.5	19.8	40.8		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		40.8	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.47 6.94 32.46	450,000,000 23,400,000 8,550,000	661,517,214 162,439,227 277,561,598 1,101,518,039	3,017,858	241,429
	Koord	14,578	182,225	66,512,125	28.6	17.4	35.9		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		35.9	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.29 6.11 28.58	450,000,000 23,400,000 8,550,000	582,307,708 142,888,893 244,326,609 969,623,210	2,656,502	212,520
<b>Siang</b>	Isolasi	13,689	171,113	62,456,063	26.9	16.4	33.8		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		33.8	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.22 5.74 26.83	450,000,000 23,400,000 8,550,000	546,797,243 134,269,101 229,427,010 910,493,354	2,494,502	199,560
	Koord	12,433	155,413	56,725,563	24.4	14.9	30.7		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		30.7	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.10 5.21 24.37	450,000,000 23,400,000 8,550,000	496,627,228 121,949,575 208,376,508 826,953,311	2,265,626	181,250
<b>Sore</b>	Isolasi	15,018	187,725	68,519,625	29.5	18.0	37.0		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		37.0	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.33 6.30 29.44	450,000,000 23,400,000 8,550,000	599,883,191 147,304,650 251,700,989 998,888,830	2,736,682	218,935
	Koord	13,470	168,375	61,456,875	26.4	16.1	33.2		
		Jml korb/th	%		org/th	Biaya satuan	Rp/th	Rp/hr	Rp/jam
		33.2	0.036 0.170 0.795	MD LB LR	1.20 5.65 26.40	450,000,000 23,400,000 8,550,000	538,049,446 132,121,031 225,756,580 895,927,057	2,454,595	196,368

#### 4.2.6. ANALISIS EKONOMI

Idealnya setiap proyek transportasi seyogyanya harus dapat memberikan manfaat ekonomi kepada masyarakat luas, khususnya masyarakat pengguna langsung yang tentunya perlu dilakukan dengan suatu analisis ekonomi.

Dari hasil survai dan analisa yang telah dilakukan, maka apabila penerapan sistem sinyal lalu lintas terkoordinasi tersebut akan direalisasikan, akan



membutuhkan cost/biaya untuk fasilitas perlengkapan jalan. Fasilitas dimaksud adalah berupa pengadaan 9 (sembilan) buah *traffic light* pada 9 (sembilan) simpang, pembuatan dan pemasangan rambu-rambu standart sebanyak 34 buah, rambu informasi tipe RPPJ sebanyak 15 buah dan pembuatan/pengecatan marka jalan sepanjang 622 m2.

Untuk mengetahui apakah rencana tersebut layak atau tidak untuk direalisasikan, maka perlu dikaji analisis ekonominya dengan menggunakan parameter-parameter tertentu.

Pada umumnya evaluasi finansial maupun evaluasi ekonomi dilakukan berdasarkan 3 (tiga) parameter utama yaitu *Net Present Value (NPV)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)* dan *Internal Rate of Return (IRR)*.

Melalui parameter evaluasi ekonomi tersebut akuntabilitas suatu rencana proyek dapat dengan jelas dinilai secara kuantitatif untuk dipertanggung jawabkan, baik oleh pemerintah sebagai pengambil keputusan maupun penilaian masyarakat dalam rangka transparansi manfaat adanya realisasi pemasangan Sistem Sinyal terkoordinasi tersebut.

Berdasarkan data inventarisasi kebutuhan pengadaan tersebut diatas dapat diperoleh estimasi investasi awal yang diperlukan yaitu berupa :

- pengadaan traffic light	= Rp. 1.486.178.000,-
- pengadaan rambu	= Rp. 214.841.160,-
- pengadaan marka	= <u>Rp. 145.123.420,-</u>
- Jumlah	= Rp. 1.846.143.130,-

Sedangkan analisis ekonomi untuk masa 10 tahun mendatang, yaitu berupa *benefit* dan *cost* pertahunnya adalah dapat dilihat sebagaimana dalam Tabel 4.23. dan Tabel 4.24. berikut ini:

Tabel 4.23. TOTAL COST DAN TOTAL BENEFIT PER TAHUN  
UNTUK ANALISIS EKONOMI ATAS INVESTASI PROYEK MANAJEMEN LALU LINTAS

Tahun	Tln ke	Cost				Benefit		Total Benefit	Net Benefit	DF 6%	NPV
		Investasi TL	Pengadaan Rambu	Pembuatan Marka	Perawatan Rutin	per Jam	per Hari				
2004	0	1,486,178,050	214,841,160	145,123,920	-	-	-	-	(1,846,143,130)	1.000	(1,846,143,130)
2005	1				17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	686,270,660	0.943	647,425,151
2006	2				17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	686,270,660	0.890	610,778,444
2007	3			60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	625,305,340	0.840	525,018,421
2008	4			60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	686,270,660	0.792	543,590,641
2009	5			63,024,200	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	625,305,340	0.747	467,264,526
2010	6		93,546,060	60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	529,700,400	0.705	373,417,880
2011	7			60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	625,305,340	0.665	415,863,765
2012	8			60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	686,270,660	0.627	430,574,702
2013	9			60,965,320	17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	625,305,340	0.592	370,117,270
2014	10				17,881,500	154,335	1,929,184	704,152,160	686,270,660	0.558	381,209,952

NPV = 2,921,117,522

B 4,767,260,752

C (1,846,143,130)

B/C Ratio 2.6

Tabel 4.24. NPV, BCR, IRR

Tahun	Total Cost	Total Benefit	Net Benefit	DF 6%	NPV
0	1,846,143,130	-	(1,846,143,130)	1.000	(1,846,143,130)
1	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.943	647,425,151
2	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.890	610,778,444
3	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.840	525,018,421
4	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.792	543,590,641
5	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.747	467,264,526
6	174,451,760	704,152,160	529,700,400	0.705	373,417,880
7	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.665	415,863,765
8	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.627	430,574,702
9	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.592	370,117,270
10	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.558	383,209,952
Total NPV					2,921,117,622
B					4,767,260,752
C					(1,846,143,130)
B/C Rasio					2.6

Nilai NPV Positif terkecil diperoleh pada  $i = 33\%$

Tahun	Total Cost	Total Benefit	Net Benefit	DF 33%	NPV
0	1,846,143,130	-	(1,846,143,130)	1.000000	(1,846,143,130)
1	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.751880	515,992,977
2	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.565323	387,964,645
3	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.425055	265,789,129
4	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.319590	219,325,369
5	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.240293	150,256,730
6	174,451,760	704,152,160	529,700,400	0.180672	95,701,877
7	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.135843	84,943,598
8	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.102138	70,094,236
9	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.076795	48,020,576
10	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.057741	39,625,889
Total NPV					31,571,896
B					1,877,715,026
C					(1,846,143,130)
B/C Rasio					1.0171

Nilai NPV Negatif terkecil diperoleh pada  $i = 34\%$

Tahun	Total Cost	Total Benefit	Net Benefit	DF 34%	NPV
0	1,846,143,130	-	(1,846,143,130)	1.000000	(1,846,143,130)
1	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.746269	512,142,284
2	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.556917	382,195,734
3	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.415610	259,882,923
4	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.310156	212,851,266
5	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.231460	144,733,194
6	174,451,760	704,152,160	529,700,400	0.172731	91,495,874
7	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.128901	80,604,363
8	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.096197	66,017,192
9	78,846,820	704,152,160	625,305,340	0.071789	44,889,932
10	17,881,500	704,152,160	686,270,660	0.053574	36,766,090
Total NPV					(14,564,278)
B					1,831,578,852
C					(1,846,143,130)
B/C Rasio					0.9921

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \left[ \frac{\text{NPV}_1}{(\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2)} \right] \times (i_2 - i_1) \\
 &= 33 + \left[ \frac{31,571,896}{(31,571,896 + 14,564,278)} \right] \times (34 - 33) \\
 &= 33 + [0.68] \times (1) \\
 &= 33 + 0.68 \\
 &= 33.68\%
 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh nilai sekarang maka diperlukan *Discount Factor (DF)*, dimana nilai tingkat suku bunga pada saat ini sebesar 6%, sehingga diperoleh *Net Present Value/NPV* pertahun dan *NPV* total adalah sebesar Rp. 2.923.117.662,-

selanjutnya dapat diketahui *Total Benefit* sebesar Rp. 4.767.260.752,- dan *Total Cost* sebesar Rp. 1.846.143.130,-, sehingga *B/C Ratio* adalah 2,6.

Selanjutnya dengan menghitung *IRR* dengan menggunakan metode perhitungan berulang (*trial and error*), maka *NPV* positif(+) terkecil diperoleh pada tingkat suku bunga (*i*) = 33% dan *NPV* negatif(-) terkecil diperoleh pada tingkat suku bunga (*i*) = 34%.

Dengan menggunakan rumus *IRR* pada halaman 31 Bab II sebelumnya, maka selanjutnya dapat dihitung *IRR*nya adalah sebesar 33,68%.

Selanjutnya dengan *IRR* sebesar 33,68%, maka hal tersebut berarti bahwa investasi terhadap pemasangan sistim sinyal terkoordinasi adalah layak (*feasible*).

#### 4.3. PEMBAHASAN

Perubahan-perubahan performansi biaya yang ditimbulkan (yaitu biaya tundaan, biaya bahan bakar dan biaya kecelakaan) yang merupakan hasil simulasi dari penerapan dengan menggunakan 2 (dua) sistem sinyal yaitu sistem sinyal terisolasi dan sistem sinyal terkoordinasi telah diketahui.

Dalam hal ini selain performansi secara ekonomi (adalah berupa biaya-biaya operasional pengguna jalan), maka model *TRANSYT/9* ini juga akan menunjukkan performansi mobilitas pada skala jaringan dengan

parameter-parameter utama seperti terlihat pada Tabel 4.25. berikut ini:

Tabel 4.25.  
Parameter Mobilitas  
Sistem Sinyal Terisolasi dan Terkoordinasi

Skenario	Parameter	Sistem Sinyal	
		Ter isolasi	Ter Koordinasi
Pagi	Jarak perjalanan (smp-km/jam)	6352,0	6352,0
	Waktu perjalanan (smp-jam/jam)	332,0	290,0
	Kecepatan rata-rata (km/jam)	19,1	21,9
Siang	Jarak perjalanan (smp-km/jam)	5744,0	5744,0
	Waktu perjalanan (smp-jam/jam)	277,3	254,9
	Kecepatan rata-rata (km/jam)	20,7	22,5
Sore	Jarak perjalanan (smp-km/jam)	6046,9	6046,9
	Waktu perjalanan (smp-jam/jam)	302,2	271,8
	Kecepatan rata-rata (km/jam)	20,0	22,2

Sumber : Keluaran TRANSYT/9

Untuk kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi, jarak perjalanan pada sistem sinyal terisolasi sama dengan jarak perjalanan pada sistem sinyal terkoordinasi. Hal tersebut dimungkinkan karena dalam simulasi memang tidak ada perubahan fisik jaringan (panjang ruas) dan tidak ada pengurangan jumlah pengguna jalan (*ruas flow*). Demikian pula halnya untuk kondisi arus lalu lintas pada jam sibuk siang serta arus lalu lintas pada jam sibuk sore hari, dimana jumlah jarak perjalanan tetap sama untuk simulasi kedua sistem sinyal.

Waktu perjalanan pada sistem sinyal terkoordinasi mengalami penurunan, artinya waktu yang dibutuhkan oleh pengguna jalan untuk menempuh jaringan lebih sedikit dari waktu yang diperlukan jika jaringan dioperasikan dengan sistem sinyal terisolasi. Pengurangan waktu perjalanan dengan dioperasikannya sistem sinyal terkoordinasi

tersebut pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi mencapai 12,65%, pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk siang mencapai 8,87% dan pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk sore mencapai 10,05.

Sebagai konsekuensi adanya reduksi waktu perjalanan akibat sistem sinyal terkoordinasi, maka kecepatan rata-rata arus lalu lintas pun meningkat pula, yang berarti telah terjadi peningkatan kelancaran arus lalu lintas dalam sistem jaringan tersebut. Peningkatan kecepatan rata-rata yang diperoleh dengan dioperasikannya sistem sinyal terkoordinasi tersebut pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi adalah sebesar 14,65%, pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk siang hari adalah sebesar 8,64% dan pada kondisi arus lalu lintas pada jam sibuk sore adalah sebesar 11,0%.

Hal utama pada bagian pembahasan ini adalah besaran efisiensi dari Biaya Operasional yang dihasilkan oleh adanya penerapan sistem sinyal terkoordinasi. Efisiensi dimaksud adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 4.26. Dari tabel tersebut diketahui bahwa untuk kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi diperoleh efisiensi biaya tundaan sebesar 29,5%, efisiensi biaya bahan bakar 9,2% dan efisiensi biaya kecelakaan 12,0%. Dengan demikian, efisiensi total biaya operasional pada kondisi jam sibuk pagi adalah sebesar 25,9% (dari Rp 4.970.603,-/jam menjadi Rp 3.683.057,-/jam).

Untuk kondisi arus lalu lintas jam sibuk siang efisiensi yang diperoleh dengan aplikasi sistem sinyal terkoordinasi adalah sebesar 18,1% dengan perubahan biaya operasional dari Rp 3.778.529,-/jam menjadi Rp 3.093.363,-/jam. Sedangkan untuk kondisi arus lalu lintas pada jam sibuk sore hari diperoleh efisiensi sebesar

21,15%, yaitu adanya perubahan biaya operasional yang semula Rp 4.291.675,-/jam menjadi Rp 3.370.610,-/jam.

Dalam hal ini efisiensi yang diperoleh pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi hari, adalah merupakan efisiensi terbesar yang diperoleh.

Dengan demikian maka perkiraan efisiensi biaya tundaan berada pada interval 21,0 - 29,5 %, efisiensi biaya bahan bakar pada interval 5,8 - 9,2 % dan efisiensi biaya kecelakaan pada interval 9,2 - 12,0 %.

Sedangkan total efisiensi biaya operasional yang merupakan akumulasi dari ketiga biaya tersebut diatas, adalah mencapai 18,1 - 25,9 %, seperti terdapat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.26.  
Efisiensi Biaya Operasional

Jam Sibuk	Parameter	Sistem Sinyal		Efisiensi	
		Ter isolasi	Ter koordinasi	Biaya	%
Pagi	Biaya Tundaan (Rp/jam)	4,065,550	2,867,900	1,197,650	29.5
	Biaya Bahan Bakar (Rp/jam)	663,624	602,637	60,988	9.2
	Biaya Kecelakaan (Rp/jam)	241,429	212,520	28,908	12.0
	Total Biaya Operasional (Rp/jam)	4,970,603	3,683,057	1,287,546	25.9
Siang	Biaya Tundaan (Rp/jam)	3,013,250	2,379,150	634,100	21.0
	Biaya Bahan Bakar (Rp/jam)	565,718	532,963	32,756	5.8
	Biaya Kecelakaan (Rp/jam)	199,560	181,250	18,310	9.2
	Total Biaya Operasional (Rp/jam)	3,778,529	3,093,363	685,166	18.1
Sore	Biaya Tundaan (Rp/jam)	3,462,050	2,607,800	854,250	24.7
	Biaya Bahan Bakar (Rp/jam)	610,690	566,442	44,248	7.2
	Biaya Kecelakaan (Rp/jam)	218,935	196,368	22,567	10.3
	Total Biaya Operasional (Rp/jam)	4,291,675	3,370,610	921,065	21.5

Dari Tabel 4.26. tersebut diatas, dapat dikatakan bahwa adanya dengan penerapan aplikasi sistem sinyal terkoordinasi maka akan terdapat suatu kecenderungan bahwa dengan semakin padat arus lalu lintas maka semakin

baik pula manfaat atau efisiensi yang akan diperoleh, namun demikian pula sebaliknya.

Dari hasil analisa ekonomi yang telah diuraikan pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa NPV adalah sebesar 293.117.622,- dalam hal ini NPV lebih besar daripada nol, yang dalam hal ini berarti nilai manfaat investasi  $> 0$ , sehingga rencana investasi tersebut layak untuk dilaksanakan.

Dengan diketahui BCR = 2,6 yang berarti BCR  $> 1$ , artinya manfaat investasi pemasangan sistim sinyal terkoordinasi adalah 2,6 kali dibandingkan biaya investasi (cost) yang ditanamkan, sehingga rencana investasi tersebut juga layak untuk dilaksanakan.

Dengan diketahui pula IRR = 33,68% (IRR  $> i$ /suku bunga bank), artinya rencana pengadaan sistim sinyal terkoordinasi tersebut akan mencapai BEF jika suatu saat suku bunga bank mencapai  $i = 33,68\%$ . Mengingat tingkat suku bunga bank ( $i$ ) saat ini jauh dibawah nilai IRR yaitu hanya berkisar 6%, maka rencana investasi tersebut layak untuk dilaksanakan.

UPT-PUSTAK-UNDIP



## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan :

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian pada simpang Maya, Simpang Merpati, Simpang Suzana, Simpang Sutomo, Simpang Dana, Simpang Pasar Sore, Simpang Gudang Garam, Simpang Laguna dan Simpang Martoloyo di Kota Tegal, adalah sebagai berikut :

##### 1. Nilai Waktu Pengguna Jalan dengan jenis kendaraan :

- a. Sepeda motor dengan prosentasenya 0,74%, adalah sebesar Rp. 995.195,-/bulan atau Rp. 4.146,65/jam;
- b. Mobil penumpang dengan prosentasenya 0,21%, adalah sebesar Rp. 411.705,-/bulan atau Rp. 1.715,44/jam;
- c. Mobil bus dengan prosentasenya 0,03%, adalah sebesar Rp. 58.500,-/bulan atau Rp. 243,75,-/jam;
- d. Mobil barang/truk dengan prosentasenya 0,02%, adalah sebesar Rp. 34.600,-/bulan atau Rp. 144,16/jam;

##### 2. Terdapat 3 (tiga) komponen biaya operasional pengguna jalan yang terdiri atas biaya tundaan, biaya bahan bakar dan biaya kecelakaan.

##### 3. Dari hasil analisa terhadap komponen biaya operasional tersebut diatas, maka diperoleh manfaat efisiensi :

###### a. Biaya tundaan :

- pada sistem sinyal terisolasi jam sibuk pagi sebesar Rp. 4.055.550,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 2.867.900,-/jam;
- pada sistem sinyal terisolasi jam sibuk siang Rp. 3.013.250,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi Rp. 2.379.150,-/jam;

- pada sistem sinyal terisolasi jam sibuk sore Rp. 3.452.050,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi Rp. 2.607.800,-/jam;

b. Biaya bahan bakar :

- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk pagi Rp. 663.624,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 602.637,-/jam;
- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk siang Rp. 565.718,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 532.963,-/jam;
- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk sore sebesar Rp. 610.690,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 566.442,-/jam;

c. Biaya kecelakaan :

- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk pagi sebesar Rp. 241.429,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 212.520,-/jam;
- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk siang Rp. 199.560,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 181.250,-/jam;
- dengan sistem sinyal terisolasi pada jam sibuk sore sebesar Rp. 218.935,-/jam, sedangkan dengan sistem terkoordinasi sebesar Rp. 196.368,-/jam;

4. Efisiensi biaya tundaan terbesar ada pada jam sibuk pagi hari yaitu 29,5 %, sedangkan efisiensi biaya tundaan terkecil pada jam sibuk siang hari yaitu 21 %. Efisiensi biaya bahan bakar yang terbesar ada pada jam sibuk pagi hari sebesar 9,2 %, sedangkan efisiensi yang terkecil pada jam sibuk siang hari sebesar 5,8 %. Sedangkan untuk efisiensi biaya kecelakaan yang terbesar ada pada jam sibuk pagi hari sebesar 12 %, selain itu untuk efisiensi biaya kecelakaan yang terkecil ada pada jam sibuk siang hari adalah sebesar 9,2 %.

5. Dari hasil simulasi bahwa waktu perjalanan dengan sistem sinyal terkoordinasi akan mengalami penurunan bila dibandingkan dengan sistem sinyal terisolasi, yaitu pada jam sibuk pagi mencapai 12,65%, jam sibuk siang 8,87% dan jam sibuk sore 19,05%. Sedangkan kecepatan perjalanan akan mengalami peningkatan, yaitu pada jam sibuk pagi mencapai 14,65%, jam sibuk siang 8,69% dan jam sibuk sore 11,0%.
6. Bahwa pada penerapan program sistem sinyal terkoordinasi apabila dibandingkan dengan sistem sinyal terisolasi, ternyata akan diperoleh manfaat efisiensi total biaya operasional rata-rata sebesar Rp 964.592,-/jam atau 21,83 %.
7. Dari hasil simulasi pada kondisi arus lalu lintas jam sibuk pagi, jam sibuk siang dan jam sibuk sore hari, terjadi fenomena yang menunjukkan bahwa semakin padat arus lalu lintas maka akan semakin besar efisiensi yang dihasilkan oleh sistem sinyal terkoordinasi.
8. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa hingga 10 tahun mendatang, estimasi Total Costnya adalah Rp 1.846.143.130,- sedangkan Total Benefitnya adalah sebesar Rp 4.767.260.752,-. Dengan demikian diperoleh B/C Ratio sebesar 2,6, sehingga investasi yang akan ditanamkan pada proyek simpang sinyal terkoordinasi tersebut layak untuk dilaksanakan (Feasible).

## 5.2. S a r a n :

1. Untuk penerapan program sistem sinyal terkoordinasi, maka perlu dilakukan resetting waktu siklus dengan durasi 114 detik sebagai common cycletime yang terdistribusi untuk masing-masing simpang, yaitu :

a. Simpang Maya :

Pada jam sibuk pagi :

- fase timur - barat : hijau detik ke 05-71, durasi 66 detik, kuning 3 detik, merah 45 detik;
- fase utara - selatan : hijau detik ke 76-114, durasi 38 detik, kuning 3 detik, merah 73 detik;

Pada jam sibuk siang :

- fase timur - barat : hijau detik ke 05-71, durasi 66 detik, kuning 3 detik, merah 45 detik;
- fase utara - selatan : hijau detik ke 76-114, durasi 38 detik, kuning 3 detik, merah 73 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase timur - barat: hijau detik ke 05-71, durasi 66 detik, kuning 3 detik, merah 45 detik;
- fase utara - selatan: hijau detik ke 76-114, durasi 38 detik, kuning 3 detik, merah 73 detik;

b. Simpang Suzana :

Pada jam sibuk pagi :

- fase utara : hijau detik ke 41-93, 52 detik, kuning 3 detik dan merah 59 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 98-36, durasi 52 detik, kuning 3 detik, merah 59 detik;

Pada jam sibuk siang :

- fase utara : hijau pada detik ke 30-78, durasi 48 detik, kuning 3 detik dan merah 63 detik;
- fase utara - selatan : hijau detik ke 76-114, durasi 38 detik, kuning 3 detik, merah adalah 73 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase utara: hijau pada detik ke 53-103, durasi 50 detik, kuning 3 detik dan merah 61 detik;
- fase timur - barat: hijau detik ke 108-48, durasi 54 detik, kuning 3 detik, merah 57 detik;

c. Simpang Dana :

Pada jam sibuk pagi :

- fase utara : hijau pada detik ke 114-40, durasi 40 detik, kuning 3 detik dan merah 71 detik;
- fase timur : hijau pada detik ke 45-76, durasi 31 detik, kuning 3 detik dan merah 80 detik;
- fase selatan : hijau detik ke 81-109, durasi 28 detik, kuning 3 detik dan merah 83 detik;

Pada jam sibuk siang :

- utara : hijau pada detik ke 13-52, durasi 39 detik, kuning 3 detik dan merah 72 detik;
- timur : hijau pada detik ke 57-88, durasi 31 detik, kuning 3 detik dan merah 80 detik;
- selatan : hijau pada detik ke 03-08, durasi 20 detik, kuning 3 detik dan merah 82 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase utara : hijau pada detik ke 18-57, durasi 38 detik, kuning 3 detik dan merah 73 detik;
- fase timur : hijau pada detik ke 62-93, durasi 31 detik, kuning 3 detik dan merah 80 detik;
- fase selatan : hijau pada detik ke 98-13, durasi 29 detik, kuning 3 detik dan merah adalah 82 detik;

d. Simpang Pasar Sore :

Pada jam sibuk pagi :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 49-93, durasi 44 detik, kuning 3 detik, merah 67 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 98-44, durasi 60 detik, kuning 3 detik, merah 51 detik;

Pada jam sibuk siang :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 03-48, durasi 45 detik, kuning 3 detik, merah 66 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 53-112, durasi 59 detik, kuning 3 detik, merah 52 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 49-93, durasi 44 detik, kuning 3 detik, merah 67 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 98-44, durasi 60 detik, kuning 3 detik, merah 51 detik;

e. Simpang Gudang garam :

Pada jam sibuk pagi :

- fase selatan : hijau detik ke 34-90, durasi 56 detik, kuning 3 detik dan merah 55 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 95-29, durasi 48 detik, kuning 3 detik, merah 63 detik;

Pada jam sibuk siang :

- fase selatan : hijau detik ke 47-103, durasi 56 detik, kuning 3 detik dan merah 55 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 108-42, durasi 38 detik, kuning 3 detik, merah 63 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase selatan : hijau detik ke 28-86, durasi 58 detik, kuning 3 detik dan merah 53 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 91-23, durasi 46 detik, kuning 3 detik, merah 65 detik;

f. Simpang Martoloyo :

Pada jam sibuk pagi :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 64-114, durasi 50 detik, kuning 3 detik, merah 61 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 05-59, durasi 54 detik, kuning 3 detik, merah 57 detik;

Pada jam sibuk siang :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 24-74, durasi 50 detik, kuning 3 detik, merah adalah 61 detik;
- fase timur - barat : hijau detik ke 79-19, durasi 54 detik, kuning 3 detik, merah 57 detik;

Pada jam sibuk sore :

- fase utara - selatan : hijau detik ke 07-57, durasi 50 detik, kuning 3 detik, merah 61 detik;

- fase timur - barat : hijau detik ke 62-02, durasi 54 detik, kuning 3 detik, merah 57 detik;
- 2. Perlu dijaga kapasitas jalan agar tetap optimal, melalui pengawasan dan pengendalian terhadap *side friction* baik di simpang maupun di ruas jalan, seperti on-street parking, pedagang kaki lima dan pangkalan ojeg atau becak. Perlu dilakukan perbaikan geometrik simpang agar di semua lengan simpang dapat diterapkan gerakan lalu lintas : belok kiri langsung.
- 3. Perlu media informasi berupa rambu lalu lintas dengan tipe RPPJ, sebagai upaya kontrol terhadap pengguna jalan agar berkendara pada *average speed*.
- 4. Kebutuhan prasarana lalu lintas sebagai fasilitas pendukung untuk aplikasi sistem sinyal terkoordinasi tersebut adalah berupa pengadaan *traffic light* baru untuk 9 simpang, rambu standar 34 buah, rambu informasi tipe RPPJ 15 buah dan marka jalan 622 m<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, I., 1999, *Rekayasa Lalu Lintas*, Cetakan Pertama, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Badan Pendidikan Dan Latihan Perhubungan, Pusat Pendidikan Dan Latihan Perhubungan Darat, 1996, *Pemrograman Lampu lalu Lintas*, Modul 7 : *Prinsip Pengaturan lampu lalu Lintas*, Modul 8 : *Perhitungan Waktu*, Serie SC-TL.
- Button, K.J, 1986, *Transport Economics*, Gower Publishing Company Ltd., London. Crabtree, M.R., 1988, *TRANSYT/9 User Manual*, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Diktat Perkuliahan Diploma IV Transportasi Darat, *Aplikasi Komputer II*, University College London, TPO'S SULLIVAN & PARTNERS PAMINTORI CIPTA LTD.
- Diktat Perkuliahan Diploma IV Transportasi Darat, *Manajemen Lalu Lintas*, University College London, TPO'S SULLIVAN & PARTNERS PAMINTORI CIPTA LTD.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Swroad in association with PT. Bina Karya Consulting Services for Highway Capacity Manual, 1992, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1995, *Menuju Lalu Lintas Angkutan Yang Tertib*, Jakarta.
- Hobbs, F.D., 1995, *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, edisi kedua, Gadjah Mada Press, Yogyakarta.



- imber, R.M., M Mc Donald and N B Hounsell, 1986, *The Prediction Of Saturation Flows For Road Junctions Controlled by Traffic Signals*, Research Report 67, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Morlok, E.K., 1991, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Cetakan Ke-3, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nusantyo S, 1997, *Biaya Transportasi Masyarakat Yogyakarta*, Tesis S2, Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Papacostas, C.S., 1987, *Fundamental of Transportation Engineering*, pp.158-163, Prentice-Hall International, Inc., Singapore.
- Pignataro, L.J., 1973, *Traffic Engineering Theory and Practice*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New JERSEY, USA.
- Salter, R.J., 1986, *Traffic Engineering*, pp.88-120, Worked Examples and Problems, The Macmillan Education Ltd., Houndmills, Basingstoke, Hampshire and London.
- Suad Husnan, Dr, MBA, 1998 *Manajemen Keuangan, Teori dan Penerapan Buku I Edisi 4*, BPFE - Yogyakarta.
- Zegger, C.V., Deen, R.C., 1978, *Traffic Conflict As A Diagnostic Tool In Highway Safety*, Transportation Research Record 667, Transportation Research Board, Washington D.C., USA.